

Elina Vesterinen

LED-VALAISTUKSEN SOVELTUVUUS MERENTUTKIMUSALUS ARANDALLE

Opinnäytetyö
Merenkulkualan insinööri

Toukokuu 2015

Tekijä/Tekijät	Tutkinto	Aika
Elina Vesterinen	Merenkulkualan insinööri	Toukokuu 2015
Opinnäytetyön nimi		36 sivua
Led-valaistuksen soveltuvuus merentutkimusalue Arandalle		11 liitesivua
Toimeksiantaja		
VG-Shipping		
Ohjaaja		
Lehtori Mari Melotindos		
Tiivistelmä		
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää led-valaistuksen soveltuvuutta merentutkimusalue Arandalle, sekä laivaolosuhteisiin yleisesti. Työssä selvitettiin led-valaistuksen mahdollisia energian säästöjä Arandan tämänhetkiseen valaistukseen verrattuna ja tarkasteltiin led-valaistuksen hyviä ja huonoja ominaisuuksia. Sekä led-valaistuksen ominaisuuksien, että luokituslaitosten säädösten perusteella pyrittiin arviomaan led-valaistuksen yleistä soveltuvuutta laivaolosuhteisiin.</p> <p>Lähdeaineistona työn teoriaosuudessa käytettiin valaistustekniikan kirjallisuutta, led-valaistuksesta tehtyjä tutkimus- ja opinnäytetöitä, verkkojulkaisuja sekä asiantuntija-haastatteluja. Led-valaistuksen mahdollista energian säästöä laskettaessa luotettiin suurelta osin valaisinvalmistajien tarjoamiin julkisiin tietoihin.</p> <p>Laivaolosuhteisiin soveltuvia led-valaisimia on markkinoilla jo jonkin verran, mutta niiden yleistymisen on korkean hinnan vuoksi ollut vielä varsin hidasta. Led-tekniikan kehityksen ja laivaolosuhteisiin valmistettujen led-valaisinten tarjonnan kasvun myötä on kuitenkin odotettavissa, että tulevaisuudessa yhä useampiin laivoihin asennetaan led-valaistus.</p>		
Asiasanat		
led, laiva, valaistus		

Author (authors)	Degree	Time
Elina Vesterinen	Bachelor of Engineering, Maritime Technology	May 2015
Thesis Title		
Feasibility of LED-lighting on Research Vessel Aranda		36 pages 11 pages of appendices
Commissioned by		
VG-Shipping		
Supervisor		
Mari Melotindos, Lecturer		
Abstract		
<p>The objective of the thesis was to determine the feasibility of LED lighting on research vessel Aranda and in marine conditions generally, on the basis of rating agencies' regulations and different features of LED lighting. The thesis also examined the potential energy savings of LED lighting compared to the current lighting on Aranda and reviewed the advantages and disadvantages of LED lighting.</p> <p>The source material used in the theoretical part of the thesis was gathered from literature, research studies, as well as online publications and interviews with specialists. The calculations of potential energy savings of LED lighting relied largely on public data provided by the luminaire manufacturers.</p> <p>LED lighting could be a feasible choice for marine lighting. Some LED luminaires suitable for marine conditions already exist on the market but they are still rather uncommon onboard ships due to the high price. However, the future development of LED technology and growth in product supply is expected to increase the number of LED lighting fitting on ships.</p>		
Keywords		
LED, ship, lighting		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	VALAISTUKSEN PERUSSUUREET	7
2.1	Valovirta.....	7
2.2	Valovoima.....	8
2.3	Valaistusvoimakkuus	9
2.4	Luminanssi	9
2.5	Valotehokkuus	10
3	LED-VALAISTUS.....	10
3.1	Toiminta.....	10
3.2	Rakenne	11
3.3	Hyödyt ja haitat.....	12
3.3.1	Hyödyt.....	13
3.3.2	Haitat.....	14
4	LUOKITUSLAITOSTEN SÄÄDÖKSET LAIVAN VALAISTUKSESTA.....	14
4.1	DNV GL	15
4.1.1	DNV GL:n valaistusvaatimukset.....	15
4.2	Lloyd´s Register.....	16
4.2.1	Lloyd´s Registerin valaistusvaatimukset	16
4.3	Russian Maritime Register of Shipping.....	17
4.3.1	Russian Maritime Register of Shippingin vaistusvaatimukset	18
5	LED-VALAISTUKSEN SOVELTUVUUS LAIVAOLOSUHTEISIIN	19
5.1	Sisätilojen yleisvalaistus	19
5.2	Työpiste valaistus	21
5.3	Konehuoneen valaistus	21
5.4	Kansivalaistus.....	22
5.5	Navigointivalaistus	22
6	MERENTUTKIMUSALUS ARANDA	22
6.1	Arandan nykyinen valaisitus	23
7	VALAISTUSVAIHTOEHTOJEN VERTAILU	23

7.1	Messin valaistus	25
7.2	Hytin valaistus.....	28
7.3	Vertailu	31
8	VALAISTUKSEN ENERGIAKUSTANNUSLASKELMAT	32
8.1	Laskenta	32
8.2	Tulosten analysointi	34
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	36
	LÄHTEET	38
	KUVAT	41
	LIITTEET	
	Liite 1. Laskelmissa käytetyt valaisimet	
	Liite 2. DIALux ohjelmistossa käytetyt valaisimet	
	Liite 3. DIALux ohjelmistossa käytetyt lamput	

LYHENTEET

CE	Conformité Européenne
DNV GL	Det Norske Veritasin Germanischer Lloydin
DGPS	Differential Global Positioning System
DP	Dynamic positioning
IACS	International Association of Classification Societies
IEC	International Electrotechnical Commission
IMO	International Maritime Organization
LED	Light Emitting Diode
LR	Lloyd's Register
MDO	Marine diesel oil
RMRS	Russian Maritime Register of Shipping

1 JOHDANTO

Valaistuksen energiankulutukseen on viime aikoina kiinnitetty entistä enemmän huomiota, kun energiantuotannon ympäristölle aiheuttama rasitus ymmärretään paremmin. Myös laivoilla led-valaistuksen suosio kasvaa jatkuvasti, kun energiankustannukset nousevat ja energian kulutusta halutaan pienentää. Opinnäytetyö on näin ollen varsin ajankohtainen.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää led-valaistuksen soveltuvuutta Meren tutkimusalue Arandalle sekä laivaolosuhteisiin yleisesti. Led-valaistuksen yleistä soveltuvuutta laivoille pyrittiin arvioimaan merenkulkualan luokituslaitosten säännösten, laivaolosuhteiden erityisominaisuuksien sekä ledin hyvien ja huonojen puolien kannalta. Lähdeaineistona työssä käytettiin valaistustekniikan kirjallisuutta, led-valaistuksesta tehtyjä tutkimus- ja opinnäytetöitä, verkkojulkaisuja, asiantuntija haastatteluja sekä valaisinvalmistajien tietoja.

2 VALAISTUKSEN PERUSSUUREET

Valaistuksella on tilan viihtyvyyden, terveellisuuden ja turvallisuuden kannalta suuri merkitys. Huono valaistus rasittaa silmiä ja aiheuttaa väsymystä. Kovin kirkas valaistus voi huonosti suunnattuna häikäistä ja siten tuntua epämiellyttävältä ja haitata näkemistä. Hyvä valaistus taas voi nostattaa viihteyttä, luoda viihtyisyyttä ja parantaa työtehokuutta. Hyvän valaistuksen suunnittelun lähtökohtana on valaistustekniikan suureiden ja käsitteiden ymmärtäminen.

2.1 Valovirta

Valovirta ilmaisee valonlähteen näkyvän valon alueen säteilytehoa, eli sitä kuinka paljon valoa valonlähteestä saadaan. Sen avulla siis kuvataan valonlähteen valontuottoa. Valovirran symboli on Φ ja yksikkö lumen (lm). (Halonen & Lehtovaara 1992, 35 - 36). Valovirran laskentakaavio on esitetty Kuvassa 1.

Valovirta Φ

$$[\Phi] = 1 \text{ lm}$$

$$\Phi = \int_{780\text{nm}}^{380\text{nm}} K_m V(\lambda) \Phi_{e,\lambda} d\lambda$$

K_m	680 lm/W
$\Phi_{e,\lambda}$	Säteilyvirran spektriherkkyys
$V(\lambda)$	Suhteellinen silmäherkkyysluku



Kuva 1. Valovirran laskentakaavio (Ensto Pro 2014)

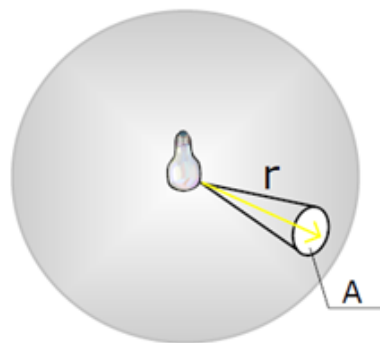
2.2 Valovoima

Valovoiman symboli on I ja yksikkö kandela (cd). Se ilmaisee valonlähteestä tiettyyn kulmaan säteilevän valon intensiteettiä eli voimakkuutta. Valovoimalla kuvataan valaisimien valojako-ominaisuuksia (Halonen & Lehtovaara 1992, 34 - 35). Kuvasta 2 selviää kuinka valovoiman suuruus riippuu valovirran määrästä sekä kohdistetun alueen pinta-alasta ja etäisyydestä valonlähteeseen.

Valovoima I

$$[I] = 1 \text{ cd}$$

$$I = \frac{d\Phi}{d\omega}$$



$$d\omega = \frac{A}{r^2}$$

valovirta avaruuskulmaan $d\omega$

Kuva 2. Valovoiman laskentakaavio (Ensto Pro 2014)

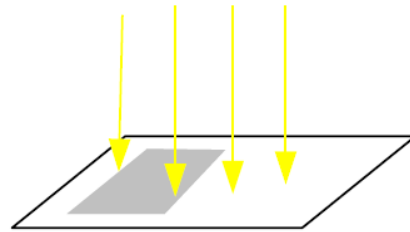
2.3 Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuudella kuvataan tietylle pinnalle saapuvan valovirran tiheyttä. Sen suuruus riippuu kuvan 3 mukaisesti valovirran suuruudesta ja pinta-alasta. Valonlähteen säteilemän alueen pinta-ala kasvaa kauempana valonlähteestä ja valaistusvoimakkuus pienenee. Siksi valaistusvoimakkuus tulisi ottaa huomioon valaistuksen asennuskorkeutta suunniteltaessa. Valaistusvoimakkuuden symboli on E ja yksikkö luks (lx) (Halonen & Lehtovaara 1992, 36).

Valaistusvoimakkuus E

$$[E] = 1 \text{ lx}$$

$$E = \frac{\Phi}{A}$$



Φ Pinnalle tuleva valovirta
 A pinnan pinta-ala

Kuva 3. Valaistusvoimakkuuden laskentakaavio (Ensto Pro 2014)

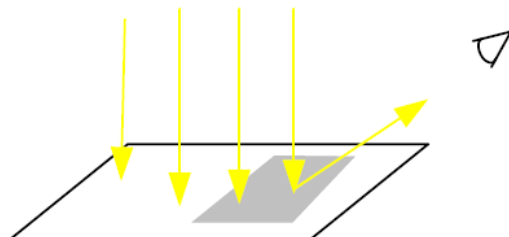
2.4 Luminanssi

Luminanssi kuvastaa kappaleen pinnan valovoiman tiheyttä tietyssä tarkasteluunnessa. Luminanssin suuruuteen vaikuttaa pinnan valaistusvoimakkuus ja heijastumissuhde. Korkeat luminanssierot aiheuttavat häikäisyä, minkä takia luminanssi tulisi ottaa valaistussuunnittelussa huomioon (Halonen & Lehtovaara 1992, 37). Luminanssin laskentakaavio on esitetty kuvassa 4.

Luminanssi L

$$[L] = 1 \text{ cd/m}^2$$

$$EL = \frac{dI}{dA * \cos \alpha}$$



dI Valovoima katsesuunnasta
 $dA * \cos \alpha$ Pinnan pinta-alan projektio katsesuuntaan

Kuva 4. Luminanssin laskentakaavio (Ensto Pro 2014)

2.5 Valotehokkuus

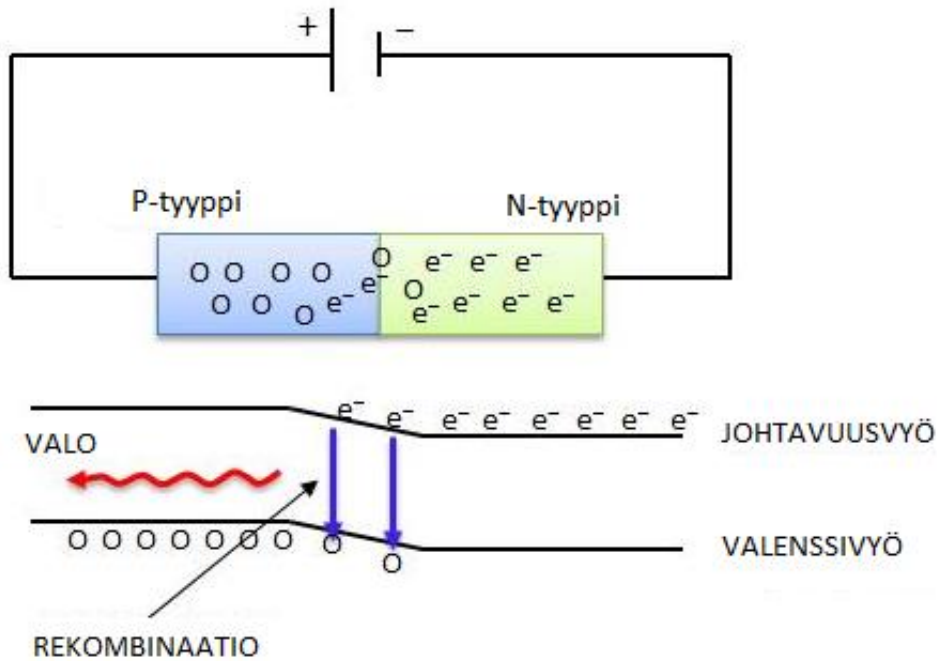
Valotehokkuus kuvaa valonlähteen valovirran suhdetta sen käyttämään sähkötehoon nähden, eli mitä suurempi valotehokkuuden arvo lm/W , sitä suuremman valovirran valonlähde tuottaa yhden watin sähköteholla. Karkeasti ajateltuna valonlähde on sitä energiatehokkaampi, mitä suurempi sen valotehokkuus on. Valaisimen energiatehokkuuteen vaikuttaa kuitenkin myös virtalähde-, lämpö- ja optiikkahäviöt sekä valaisimen valonjako. (Pulli 2010, 12.)

3 LED-VALAISTUS

Lyhenne led tulee englannin kielen sanoista Light Emitting Diode ja tarkoittaa suomeksi valoa säteilevää diodia. Keksijä H. J. Round havaitsi ensimmäisenä diodin kyvyn säteillä näkyvää valoa vuonna 1907, mutta ensimmäiset kaupalliset ledit valmistettiin vasta 1960-luvulla. Nämä ensimmäiset led-valot olivat väritään punaisia ja niiden käyttökohde oli erilaisten elektronisten laitteiden merkkivaloina. 1990-luvulla valkoista valoa säteilevän ledin kehittäminen johti yleisvalaistukseen soveltuvien led-valaisinten kehitykseen. (Osram 2015.)

3.1 Toiminta

Perinteisen diodin tapaan led on puolijohdekomponentti, joka läpäisee virtaa vain myötäsuunnassa. Led koostuu kahdesta erityyppisestä puolijohdemateriaalista, P-tyypin positiivisesti varautuneesta ja N-tyypin negatiivisesti varautuneesta. P-tyypin puolijohteen positiivinen varaus johtuu sen valenssivyön vapaista elektronitiloista eli aukoista, kun taas N-tyypin puolijohteen negatiivinen varaus johtuu sen johtavuusvyön ylimääräisistä elektroneista. Myötäsuuntaan jännitettynä N-tyypin puolijohteen ylimääräiset elektronit ja P-tyypin puolijohteen aukot kulkeutuvat toisiaan kohti. Puolijohdemateriaalien rajapinnalla eli niin sanotulla aktiivisella alueella elektronit ja aukot rekombinoituvat eli yhdistyvät vapauttaen energiaa valon ja lämmön muodossa. (Spring 2003.) Kuva 5 havainnollistaa ledin toimintaperiaatetta.

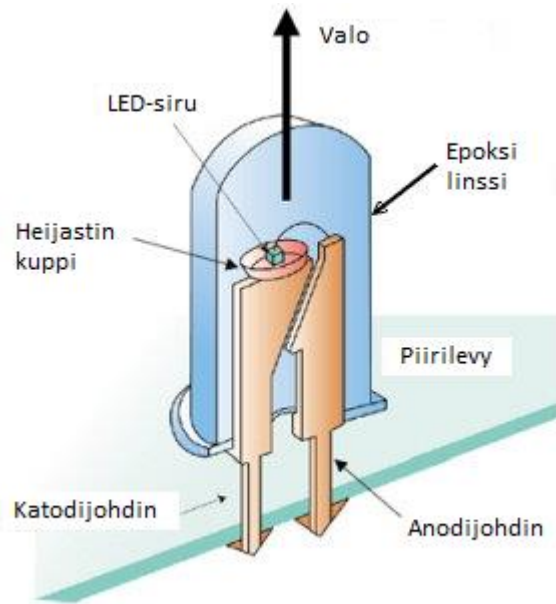


Kuva 5. Ledin toimintaperiaate (Electronics Terms 2014)

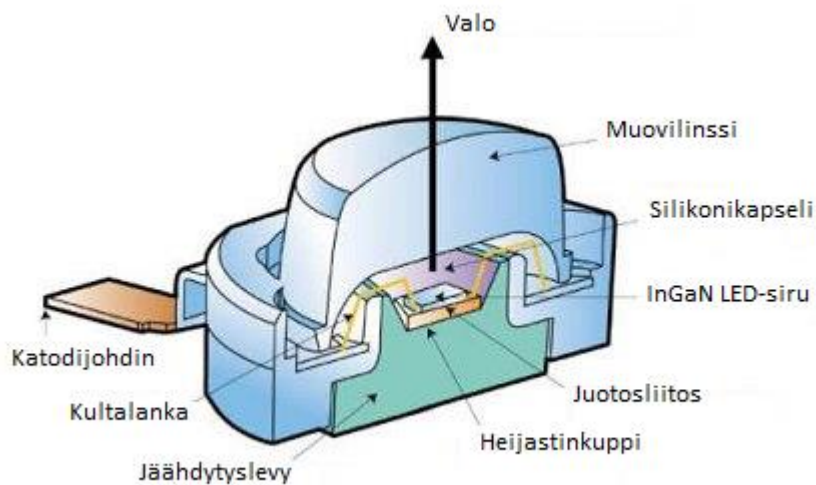
3.2 Rakenne

Ledin keskeisin osa on led-siru, joka koostuu P-tyypin ja N-tyypin puolijohteesta, sekä niiden välissä olevasta aktiivisesta alueesta. Ledin säteilemän valon väri riippuu sen puolijohteiden valmistusmateriaaleista. Esimerkiksi valkoista valoa säteilevän ledin puolijohdemateriaali on usein InGaN (Indium Gallium Nitride) (Heinonen 2012, 11), kun punaista valoa säteilevän ledin puolijohdemateriaali on GaAsP (Gallium Arsenide Phosphide).

Led-sirun koteloinnissa on eri led tyyppien välillä jonkin verran eroja. Esimerkiksi niin sanotun teholedin koteloinnissa led-sirun jäähdytys on huomioitu perinteistä lediä paremmin. Perinteinen led ei sisällä erillistä jäähdytyslevyä, millöin sirun tuottaman lämmön poistuminen on tehotonta eikä sirun tehoa voida kasvattaa. Hyvä jäähdytys mahdollistaa suuremman tehontuoton ja johtaa usein myös pidempään käyttöikään. (Ensto Pro 2014). Kuvassa 6 on esitetty perinteisen ledin rakenne ja Kuvassa 7 teholedin rakenne.



Kuva 6. Perinteisen ledin rakenne (Philips Lighting 2014)



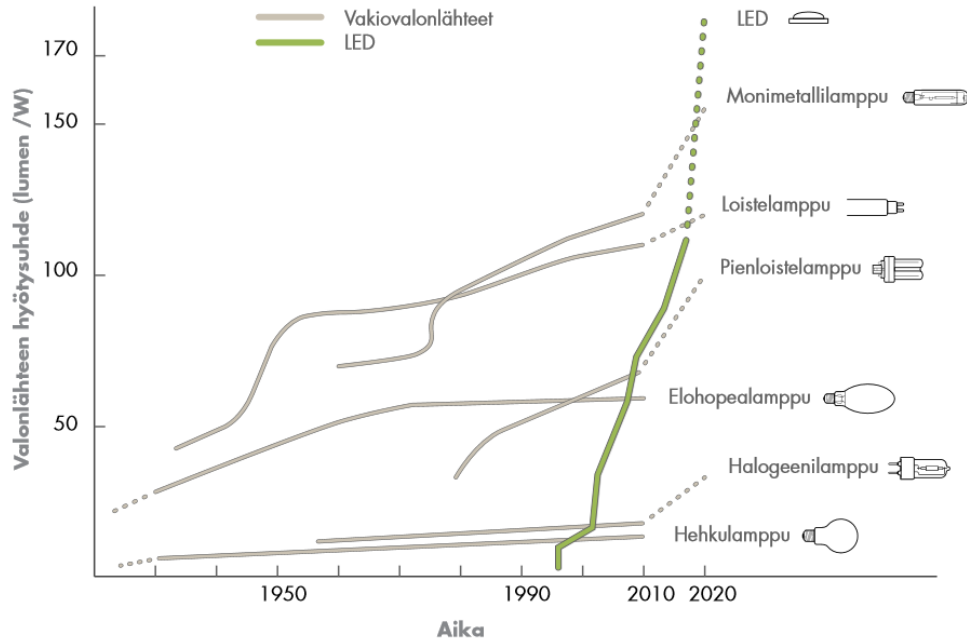
Kuva 7. Teholedin rakennekuva (Philips Lighting 2014)

3.3 Hyödyt ja haitat

Led-valaistusta pidetään ympäristöystävällisenä valaistusvaihtoehtona, jonka toivotaan säästävän energiaa ja vähentävän ongelmajätteen määrää. Led-valaistuksessa, kuten muissakin valaistusvaihtoehdoissa on kuitenkin sekä hyvät, että huonot puolensa. Ledin kehitys on kuitenkin viime vuosina ollut muiden valonlähteiden kehitystä nopeampaa ja sen odotetaan vielä jatkuvan

(Glamox Luxo Lighting 2013, 3). Kaaviosta 1 voi nähdä, kuinka ledin valotehokkuus on kehittynyt muihin valonlähteisiin verrattuna.

Kaavio 1. Valonlähteiden valotehokkuuden kehitys (Glamox Luxo Lighting 2013, 3)



3.3.1 Hyödyt

Ledillä on pitkä käyttöikä ja ne kestävät hyvin ulkoista rasitusta, kuten iskuja ja värinää. Pitkän käyttöiän ja kestävyys ansiosta lamppujen vaihdosta aiheutuvan jätteen määrä vähenee, kun vaihtovälit pitenevät. Käytöstä poistettut ledit ovat myös loisteputkilamppuja helpompi hävittää, sillä ne eivät sisällä elohopeaa. (Cizek 2009, 17.)

Led on yksinään hyvin pieni valonlähde, jonka tuottama valo on pistemäistä ja jakautuu pienelle alueelle. Ledejä yhdistämällä voidaan kuitenkin valmistaa sekä perinteisiä valonlähteitä vastaavia, että muodoiltaan hyvin erikoisia lamppuja ja valaisimia. Ledejä on myös saatavilla hyvin monissa eri värisävyissä.

Toisin kuin loistelamput, led syttyy välittömästi täyteen valovoimaansa. Loistelamput tarvitsevat syttyäkseen riittävän korkean lämpötilan, minkä saavuttaminen kestää maksimissaan kaksi sekuntia, mutta loistelampun lämpeneminen täyteen valovoimaan voi, etenkin kylmissä olosuhteissa kestää minuutteja. (Tetri 2011.) Kylmässä myös loistelampun valotehokkuus heikkenee. Ledin

valotehokkuutta kylmyys parantaa. Led ei myöskään säteile lämpöä ympäristöön - niin kuin loiste- ja hehkulamput- vaan sen tuottama lämpö ohjataan valaisimen rungon kautta pois. Led-valaisimet soveltuvat siten hyvin olosuhteisiin, joissa ympäristön lämpötila on pidettävä alhaisena.

Ledin valotehokkuus on lamppuvalmistajilta saatujen tietojen perusteella tällä hetkellä lähes samaa luokkaa kuin T5-loistelamppujen valotehokkuus ja hieman T8-loistelamppujen valotehokkuutta parempi. Hehku- ja halogeenilampuihin verrattuna ledin valotehokkuus on jo huomattavasti parempi. Kun otetaan huomioon myös led-lampun pitkä käyttöikä ja elohopeattomuus, voidaan sen katsoa olevan hehku- ja loistelamppuja ympäristöystävällisempi vaihtoehto.

3.3.2 Haitat

Ledin valotehokkuus laskee ajan myötä ja nopeinta valotehokkuuden lasku on hyvin lämpimissä olosuhteissa, tai jos ledin jäähdytys on puutteellinen. Koska valtaosa ledin kuluttamasta sähköenergiasta muuttuu lämpöenergiaksi, ledin tuottama valovirran määrä pienenee ja käyttöikä laskee entistä nopeammin, ellei lämpöä ei pystystä poistamaan tehokkaasti ledin ytimeistä. (Jahkonen 2009, 13-14.) Led-valaistus ei näin ollen ole ihanteellisin valaistusratkaisu hyvin lämpimiin olosuhteisiin. Yleisimpien led-valaisimien ympäristön maksimi lämpötilaksi onkin asetettu 45 °C.

Led-valaistuksen standardoinnin puutteesta johtuen led-valaisimiin on ollut tarjolla melko vähän varaosia, koska valmistajien ei ole ollut kannattavaa valmistaa varaosia valaisinmallien jatkuvan muutoksen vuoksi. Tämä on usein johtanut siihen, että rikkoutuneen ledin tilalle on täytynyt vaihtaa kokonaan uusi valaisin, kun varaosaa ei ole ollut helposti saatavilla. (Puolakka 2012, 13.) Led-valaisinten hinta on myös varsin korkea, vaikka niiden käyttö on viime vuosina yleistynyt.

4 LUOKITUSLAITOSTEN SÄÄDÖKSET LAIVAN VALAISTUKSESTA

Luokituslaitosten päätehtäviä ovat alusten luokitus, sekä useiden eri kansainvälisten sopimusten edellyttämien lakimääräisten tarkastusten suorittaminen viranomaisten puolesta. Aluksen luokituksen tarkoituksena on varmistaa aluk-

sen rakenteiden riittävä vahvuus sekä koneiston ja välttämättömien apulaitteistojen luotettava toiminta. Yli 90% maailman rahtiliikenteen aluksista on Kansainvälisen Luokituslaitosten Yhdistyksen IACS:n jäsenlaitosten luokittamia. (IACS 2011.) Luotettavan luokituslaitoksen suorittama luokitus onkin usein aluksen vakuutuksen ehtona.

Suomen Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi on valtuuttanut seitsemän EU:n tunnustamaa luokituslaitosta suorittamaan joitakin alusten katsastuksista (Trafi 2015). Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin näistä luokituslaitoksista kolmen, DNV GL:n, Lloyd's Registerin (LR) ja Russian Maritime Register of Shippingin (RMRS) säädöksiä laivan valaistuksesta.

4.1 DNV GL

DNV GL on kahden suuren luokituslaitoksen Det Norske Veritasin (DNV) ja Germanischer Lloydin (GL) yhdistymisen seurauksena vuonna 2013 muodostunut luokituslaitos. Yhdistymisen seurauksena DNV GL on kasvanut merenkulkualan johtavaksi luokituslaitokseksi, jonka juuret johtavat vuoteen 1864 asti.

4.1.1 DNV GL:n valaistusvaatimukset

DNV GL:n valaistusvaatimusten mukaan niihin laivan tiloihin, jotka ovat yleisesti joko laivan matkustajien tai henkilökunnan käytössä tulee järjestää riittävä valaistus laivan pääsähköjärjestelmästä. Laivalla käytettävien valaisimien sellaisten osien, jotka ovat kosketuksissa valaisimen kannatinrakenteisiin ei säännösten mukaan tulisi ylittää 50°C lämpötilaa, eikä sellaisten osien, jotka ovat kosketuksissa syttyvän materiaalin kanssa, 40°C lämpötilaa. Laivalla käytettävien valaisinten tulisi myös täyttää soveltuvin osin IEC standardin 60598-1 vaatimukset. (DNV 2013.)

4.1.1.1 Navigointivalaistus

Navigointivalaisimella tarkoitetaan seuraavia valaisimia: mastonhuippuvalaisimet, sivuvalaisimet, perävalaisimet, hinausvalaisimet, ympärivalaisevat valaisimet, sekä vilkkuvat valaisimet. Tarkat määritelmät kyseisistä valaisimista löytyvät IMO päätöslauselma COLREG 1972:n säännöstä 21.

Navigointivalaisimen virransyöttö tulisi varmentaa kahdella erillisellä virtapiirillä, laivan pääsähköjärjestelmästä, sekä lisäksi joko hätäsähköjärjestelmästä tai erillisestä akkujärjestelmästä. Navigointivalaisimen tulisi täyttää seuraavien säädösten vaatimukset IMO päätöslauselma MSC253(83), IMO päätöslauselma A.694(17), COLREG 1972 Liite 1, IEC standardi 60945 ja IMO päätöslauselma A.830(19). IMO päätöslauselman MSC253(83) vaatimuksiin kuuluu muun muassa led-navigointivalaisimen käyttöikää koskevat määräykset. Säädöksen mukaan, koska ledin valovoima pienenee ajan mittaan, tulisi led-navigointivalaisimen riittävä valovoima varmistaa, joko käyttämällä valaisinta ainoastaan valmistajan määrittämän käyttöiän ajan, tai käyttämällä hälytystoimintoa, joka ilmaisee ledin valovoiman laskeneen minimivaatimusten alapuolelle. Lisäksi kaikki navigointivalaisimet tulisi varustaa hälyttimellä, joka ilmaisee valaisimen tai lampun rikkoutumisen. Eri navigointivalaisinten valovoiman minimivaatimukset löytyvät COLREG 1972:n säädöksestä. (DNV 2013.)

4.1.1.2 Hätävalaistus

DNV GL:n mukaan laivan hätävalaistus tulisi järjestää laivan pääsähköjärjestelmästä erillisen hätäsähköjärjestelmän kautta. Hätävalaistus tulisi järjestää laivan käytäville, portaikkoihin, konehuoneeseen ja -valvomoon, sähkötauluille, palopumpuille, palomiehen varusteiden säilytys paikalle, sprinklerikeskukselle, hätäpilssipumpulle, tankkereiden pumppuruumaan sekä kaikille aluksen kokoontumis- ja pelastautumisasemille. Edellä mainituille alueille tulisi järjestää myös akkukäyttöinen poistumisvalaistus, sekä pääsähköjärjestelmän, että hätäsähköjärjestelmän kaatumisen varalle. Hätävalaistuksen tulisi syttyä automaattisesti laivan pääsähköjärjestelmän kaatuessa. (DNV 2013.)

4.2 Lloyd's Register

Lloyd's Register on itsenäinen yhtiö, joka perustettiin vuonna 1760 tarjoamaan rahtiajille sekä vakuutuksenantajille puolueetonta tietoa aluksen kunnosta. Tänä päivänä Lloyd's Register työllistää 9000 työntekijää ympäri maailman ja on yksi tunnetuimmista luokituslaitoksista.

4.2.1 Lloyd's Registerin valaistusvaatimukset

Lloyd's Registerin vaatimusten mukaan aluksen turvallisen operoinnin kannalta tärkeiden alueiden sekä alueiden, joissa on ihmisten, tavaroiden tai liikkuvi-

en koneiden vuoksi tapaturmariski, valaistus tulisi järjestää vähintään kahdesta eri virtapiiristä niin että, yhden virtapiirin vikaantuminen ei jätä aluetta täysin ilman valaistusta. Lampunkannan tulisi LR:n vaatimusten mukaan olla rakennettu paloa hidastavasta aineesta, joka ei ime kosteutta. Valaisimen tulisi olla rakennettu niin, ettei sen eri osien lämpeneminen vaurioita ympärillä olevia laivan rakenteita. Laivalla käytettävän valaisimen tulisi myös täyttää IEC standardin 60092-306 vaatimukset. (Lloyd's Register 2014.)

4.2.1.1 Navigointivalaistus

Navigointivalaisimilla tulisi olla oma erillinen sähkönjakokeskus, joka on suoraan tai muuntajan välityksellä yhteydessä laivan hätäsähköjärjestelmään. Navigointivalaisinten sähkön syöttö tulisi myös varmentaa vaihtoehtoisella virtapiirillä laivan pääsähköjärjestelmästä. Navigointivalaisimen tulee olla varustettu hälytysjärjestelmällä, joka ilmaisee valaisimen rikkoutumisen tai sen kokonaisvalovoiman laskun GOLREG säädöksen minimivaatimusten alapuolelle. Led-navigointivalaisimen riittävän kokonaisvalovoiman varmistukseen voidaan käyttää myös muita menetelmiä, mikäli ne ovat IMO päätöslauselman MSC.253(83) ja EN 14744 standardin mukaisia. (Lloyd's Register 2014.)

4.2.1.2 Hätävalaistus

Laivan hätävalaistus tulisi järjestää niin, ettei hätäsähköjärjestelmän vioittuminen palon tai muun seurauksena aiheuta päävalaistuksen toimintakyvyttömyyttä. Laivan kakkien osien, jotka ovat joko matkustajien tai laivan miehistön käytössä tulisi olla valaistu hätävalaisimin, joiden valaisutehon on oltava riittävä takaamaan laivan turvallisen evakuoinnin. Himmentimellä varustetun hätävalaisimen tulisi automaattisesti palauttaa valaisimen normaali valaisuteho, jos päävalaistus ei ole toiminnassa. Hätävalaisimet tulisi merkata tunnistettavasti. (Lloyd's Register 2014.)

4.3 Russian Maritime Register of Shipping

Russian Maritime Register of Shipping on vuonna 1913 perustettu ensimmäinen venäläinen luokituslaitos. RMRS:n tavoitteena on parantaa merenkulun turvallisuutta sekä edistää ympäristön suojelua. Tällä hetkellä se on yksi maailman johtavista luokituslaitoksista.

4.3.1 Russian Maritime Register of Shippingin valaistusvaatimukset

RMRS:n valaistusvaatimusten mukaan laivan kaikkiin sellaisiin alueisiin, joiden valaistus on laivan operoinnin, asuttavuuden tai evakuoinnin kannalta tärkeää, on järjestettävä valaistus laivan pääsähköjärjestelmästä. Laivan päävalaistus tulisi järjestää niin, ettei pääsähköjärjestelmän vioittuminen palon tai muun ongelman seurauksena aiheuta hätävalaistuksen toimintakyvyttömyyttä. Päävalaistuksella tulisi olla oma erillinen sähkötaulusa.

Laivan valaistuksen tulisi olla asennettu niin, ettei ympäröivien materiaalien lämpötila nouse yli sallittujen raja-arvojen. Sellaisissa tiloissa, joissa valaisimien suojakotelo on vaarassa rikkoutua, valaisimien tulisi olla suojaluokiteltuja. Laivan ulkovalaistus tuli järjestää niin, ettei se haittaa navigointia. (RMRS 2014.)

4.3.1.1 Navigointivalaistus

Navigointivalaistuksen sähkötaulun virta tulisi syöttää kahdesta erillisestä piiristä, hätäsähkötaulun kautta pääsähkötaulusta ja lähimmän jakokeskuksen kautta muualta kuin hätäsähkötaulusta. Navigointivalaisimen tulisi olla vedenpitävä, toimia luotettavasti -30°C ja $+45^{\circ}\text{C}$ välisissä lämpötiloissa, säilyttää valaisukykynsä jännitteen vaihteluista huolimatta, sekä kestää tärinää. Navigointivalaisimen toiminta tulisi varmistaa hälytysjärjestelmällä, joka ilmaisee valaisimen tai lampun rikkoutumisen. Eri navigointivalaisinten valovoiman minimaatimukset löytyvät RMRS Rules for the equipment of sea-going ships taulukosta 3.1.2. (RMRS 2014.)

4.3.1.2 Hätävalaistus

Hätävalaistus tulisi järjestää laivan käytäville, portaikoihin, konehuoneeseen ja -valvomoon, sähkötaululuille, palopumpuille, palomiehen varusteiden säilytyspaikalle, sprinklerikeskukselle, hätäpilssipumpulle, tankkereiden pumppurumaan, helikopterin laskeutumisalueelle, lääkintähuoneeseen ja kaikille koontumis- ja pelastautumisasemille. Hätävalaistuksen valaisutehon tulisi olla vähintään 10% päävalaistuksen valaisutehosta ja sen tulee taata riittävä näkyvyys laivalta poistumiseen. Päävalaistukseen käytettäviä valaisimia voidaan käyttää myös hätävalaistukseen, mikäli valaisimien virransyöttö voidaan jär-

jestää myös hätäsähköjärjestelmästä. Hätävalaisimet tulisi merkata punaisella. (RMRS 2014.)

4.4 Yhteenveto luokituslaitosten säädöksistä

Opinnäytetyössä tutkittujen luokituslaitosten valaistusvaatimukset eivät merkittävästi eroa toisistaan, sillä ne perustuvat samoihin merenkulun- ja sähkötekniikan kansainvälisiin säädöksiin ja standardeihin. Kansainvälisten led-standardien puutteen vuoksi luokituslaitos valaistusvaatimuksissa ei led-valaistusta ole juuri erikseen mainittu. Lähtökohtaisesti led-valaisinten tulisi siis vastata turvallisuudeltaan ja luotettavuudeltaan laivoilla käytettäviä perinteisiä valaisimia. Tämä tarkoittaa lähinnä oikeanlaista kaapelointia, sekä tarvittavia suojuokitusia.

5 LED-VALAISTUKSEN SOVELTUVUUS LAIVAOLOSUHTEISIIN

Laivalla sähkö- ja elektroniikkalaitteet joutuvat koetukselle, kun sähkön laatuvaatimukset laivan sähköverkossa ei vastaa maaverkon tasoa, vaan jännite ja taajuus voivat vaihdella enemmän. Myös laivan värinä vaikuttaa sähkölaitteisiin mekaanisen kulumisen muodossa. Hyvän värinän- ja iskunkestävyytensä ansiosta led-valaistus voisi soveltua laivaolosuhteisiin erittäin hyvin, mutta vaihtelut sähkön laadussa saattaa lyhentää ledin käyttöikää. Tarkkaa kokemusperäistä tietoa led-valonlähteiden toimivuudesta laivaolosuhteissa on hyvin vähän, sillä vasta harvat varustamot ovat investoineet led-valaistukseen. Yhä useammat varustamot ovat kuitenkin kiinnostuneita led-valaistuksesta, mikä on johtanut laivoille suunniteltujen led-valaisimien tarjonnan kasvuun.

Tässä luvussa käsitellään ledin soveltuvuutta laivan eri alueiden valaistukseen. Käsittelyssä pyritään ottamaan huomioon eri alueiden valaistuksen erikoisvaatimukset, sekä ledin ominaisuuksien, että edellisessä luvussa käsiteltujen luokituslaitosten säädösten kannalta.

5.1 Sisätilojen yleisvalaistus

Laivan sisätilojen lämpötila pyritään ympärivuoden pitämään noin 20 °C eikä ledit rasittavia lämpötilan nousuja pääse näin ollen muodostumaan. Sisätiloissa valaisimilta vaadittavat suojuokitukset ovat myös laivan muiden tilojen

suojalukitusvaatimuksia pienemmät, mikä lisää kohteeseen soveltuvien valaisinten lukumäärää.

Led on yksinään pieni pistemäinen valonlähde, mutta yhdistämällä useita ledejä yhteen valonlähteeseen, voidaan saada aikaan yleisvalaistukseen soveltuva valonlähde. Tällaisia valonlähteitä ovat muun muassa led-putkilamput ja led-moduulit. Led-putkilamppu on ulkoisesti loisteputkilampun kaltainen lamppu, jonka sisässä on yhdessä tai useammassa rivissä useita pieniä ledejä. Led-putkilamppuja voidaan käyttää muun muassa loisteputkilampun korvaajana G13-kantaisissa loisteputkivalaisimissa. Led-putkilampun tyypistä riippuen pienet muutostyöt loisteputkivalaisimeen ennen lampun asennusta voivat kuitenkin olla tarpeellisia (Tukes 2014).

Led-moduulit koostivat led-putkilampun tavoin useista pienistä ledeistä. Lineaarisessa led-moduulissa ledit on asennettu yhteen tai useampaan riivin, samaan tapaan kun led-putkivalaisimessa. Led-moduulissa ei kuitenkaan ole led-putkilampun tapaista kehikkoa, mikä mahdollistaisi led-moduulin asennuksen vanhoihin loisteputkivalaisimiin, vaan led-moduuli vaatii omanlaisensa valaisimen. Led-moduulivalaisimilla on usein led-putkilamppua hyväksikäyttäviä valaisimia suurempi valotehokkuus. Kuvat 8 ja 9 havainnollistavat led-putkilampun ja lineaarisen led-moduulin ulkoisia eroavaisuuksia.

Luokituslaitosten säädösten mukaan laivan yleisesti käytössä oleviin tiloihin tulisi tarjota riittävä yleisvalaistus. Tällä hetkellä markkinoilla olevin led-valaisimin riittävä yleisvalaistus on jo mahdollista järjestää.



Kuva 8. Led-putkilamppu (Tekniikkamaa 2015)



Kuva 9. Lineaarinen led-moduulivalonlähde (Osram 2015)

5.2 Työpiste valaistus

Led-valaisimet soveltuvat hyvin työpisteen kohdevalaistukseen. Työpisteen valaistukseen suotuisin valaisin on värilämpötilaltaan mahdollisimman lähellä päivänvaloa. Päivänvalon värilämpötila on 5500 Kelviniä, mikä on lähellä monien valotehokkaiden led-valaisinten värilämpötilaa. Led-valaisimen avulla on siis mahdollista saada aikaan hyvin luonnollisen tuntuinen valaistus pienellä energiankulutuksella. Loisteputkivalaisimiin verrattuna led-valaisimen etuna työpistevalaistuksessa on myös sen välkkymättömyys, mikä parantaa viihtyvyyttä ja työntekijän vireystilaa. (Jokinen 2011, 30.) Hehku ja halogeenilamput ovat ledin tapaan välkkymättömiä, mutta niiden energiankulutus on ledejä huomattavasti suurempi.

Laivoilla kohdevalaistusta mietittäessä on otettava huomioon suojaluokitusvaatimukset eri työpisteissä. Laivan toimistotiloissa kohdevalaistuksen suojaluokitusvaatimukset eurooppalaisilla laivoilla ovat kuitenkin sellaiset, että lähes kaikki markkinoilla olevat CE-merkityt led-kohdevalaisimet soveltuvat luokituksestaan laivan toimistotilan kohdevalaistukseen.

5.3 Konehuoneen valaistus

Laivan konehuone voi etenkin kesäisin olla varsin lämmin ympäristö, mikä on otettava valaistusta mietittäessä huomioon. Loisteputkivalaisinten valotehokkuus kasvaa lämpimissä olosuhteissa ja heikkenee kylmissä olosuhteissa.

Led-valaisimen valotehokkuus taas heikkenee lämpimissä ja kasvaa kylmissä olosuhteissa. Korkea ympäristön lämpötila voi myös lyhentää ledin käyttöikää. Hyvin lämmin konehuone ei siis ole led-valaisimelle ihanteellisin ympäristö. Useimpien led-valaisinten jäähdytys on kuitenkin pyritty järjestämään niin, ettei ledin toimintakyky merkittävästi heikkene alle 45°C lämpötiloissa. On kuitenkin mahdollista, että ledin todellinen käyttöikä konehuoneessa, etenkin pääkoneiden läheisyydessä, on valmistajan ilmoittamaa käyttöikää lyhyempi.

Konehuone on todennäköisesti laivan huonoin olosuhde led-valaisimille. Led-valaistuksen takaisinmaksuaika konehuoneen osalta onkin todennäköisesti muita kohteita pidempi (Hede 2015).

5.4 Kansivalaistus

Laivan kansivalaistus joutuu koetukselle kovassa merenkäynnissä ja lämpötilojen vaihdellessa eri vuodenaikoina, minkä vuoksi valaisimen tulee olla veden- ja iskunkestävä, sekä sietää lämpötilan vaihteluja. Led-valaisin soveltuu Suomen kylmiin talviolosuhteisiin erityisen hyvin ja sen kotelointi on mahdollista tehdä iskun ja vedenkestäväksi. Erityisesti kylmässä talvisäässä ledin valotehokkuus on monia muita valonlähteitä parempi.

5.5 Navigointivalaistus

Luokituslaitosten säädösten mukaan led-navigointivalaisimia käytettäessä ledin ikääntymisen myötä tapahtuva valovoiman aleneminen tulisi ottaa asennuksessa huomioon. Led-navigointivalaisimen riittävä valovoima tulisi varmentaa hälytyslaitteella, joka ilmaisee valovoiman aleneman alle vaadittujen raja-arvojen tai muulla hyväksytyllä keinolla. Hyvien kylmänsieto ja värinänkest ominaisuuksien sekä pitkän käyttöiän ansiosta led soveltuu navigointivalaisimeen hyvin, mutta sen valovoiman laskua on seurattava.

6 MERENTUTKIMUSALUS ARANDA

Merentutkimusalus Aranda on Suomen ympäristökeskuksen omistama pääasiassa Itämeren tutkimukseen tarkoitettu vuonna 1989 valmistunut 59,2 m pitkä ja 13,8 m leveä alus. Se on nykyaikainen jäävahvistettu tutkimusalus, joka soveltuu ympärivuotiseen merentutkimukseen. Tutkimushenkilökuntaa

Arandalle on mahdollista majoittaa 25 henkeä, minkä lisäksi aluksella on majoitustilat 13 miehistön jäsenelle.

Arandan koneisto mahdollistaa ajon- joko sähköisellä potkurimoottorilla, milloin toinen tai kumpikin aluksen pääkoneista tuottaa generaattorin välityksellä potkurimoottorin tarvitseman sähkövirran- tai kytkemällä yksi tai kumpikin aluksen pääkoneista alennusvaihteen kautta suoraan potkurinakseliin. Tutkimusajossa laivaa ajetaan sähköisellä potkurimoottorilla ja siirtymäajossa yksi tai kumpikin pääkone akselille kytkettynä. Arandalla on DGPS- ja DP- järjestelmät, joiden avulla se pysyy tarkasti havainnointiasemilla.

6.1 Arandan nykyinen valaistus

Arandan nykyinen yleisvalaistus on toteutettu magneettikuristimella varustetuilla T8-loisteputkivalaisimin. Eri tilojen valaisinten suojaluokituksissa on joitakin eroavaisuuksia, mutta kaikkien yleisvalaistukseen käytettävien valaisinten lamput ovat valaisimen koosta riippuen, joko 18W tai 36W, T8-kaksikantaloistelamppuja. Myös hyttien lukuvalaistus, sekä kylpyhuoneiden valaistus on toteutettu loisteputkivalaisimin. Arandan ulkokansien valaistus on toteutettu suurpainenatrium- ja T8-loisteputkivalaisimin.

Hehkulamppuja Arandalla käytetään varsin vähän. Niiden käyttö rajoittuu lähinnä pilssivalaisimiin, pelastusvenevalaisimiin ja koristevalaisimiin. Arandan tutkimustiloissa on käytössä jonkin verran led-kohdevalaisimia.

7 VALAISTUSVAIHTOEHTOJEN VERTAILU

Valaistusvaihtoja verrattaessa keskityttiin laivan yleisvalaistuksen vertailuun. Vertailun apuna käytettiin ilmaista DIALux-valaistuksenlaskentaohjelmistoa. Ohjelmiston avulla on mahdollista laskea rakennuksen tai tilan valaistus erilaisilla valaisin ja lamppuvaihtoehdoilla, käyttäen valaisinvalmistajien tarjoamia tietoja. Laskelmasta selviää muun muassa valaistusvoimakkuuden määrä valaistun tilan eri kohdissa.

Opinnäytetyötä varten laskettiin kahden eri tilan valaistus kolmella erilaisella valaistusratkaisulla. Esimerkkituloina käytettiin laivan messiä, sekä yhtä miehistön hyteistä. Tarkoituksena oli esimerkkitulojen valaistuksen avulla selven-

tää eri valaistusratkaisujen ominaisuuksia ja löytää kyseiselle laivalle sopiva vaihtoehto yleisvalaistukseen. Esimerkkituloiksi valittiin messi ja hytti, jotta voitaisiin vertailla eri valaisinten ominaisuuksia sekä suuressa, että pienessä tilassa. Vertailujen perusteella pyrittiin päätellä soveltuuko kyseinen valaistus muihin laivan suuriin ja pieniin tiloihin.

Ensimmäinen vertailuvalaistus pyrittiin toteuttamaan Arandan tämänhetkisen valaistuksen kaltaisena. Arandalla tällä hetkellä käytössä olevista valaisimista ei ole olemassa DIALuxiin soveltuvia valaisintiedostoja, minkä vuoksi vertailuun valittiin Arandan valaisimia valoteknisiltä ominaisuuksiltaan mahdollisimman paljon muistuttavat valaisimet. Valitut valaisimet ovat Arlight S TKL valaisimia. Valonlähteenä laskelmassa käytettiin Philips MASTER TL-D Super 80 loisteputkilamppuja. Valaisinten ja lamppujen tarkat tiedot löytyvät liitteistä.

Toinen vertailuvalaistus toteutettiin T8-loisteputkivalaisimeen sijoitettavin led-putkilampuin. Valaisimina vertailussa käytettiin samoja valaisimia kuin ensimmäisessä vertailuvaihtoehdossa ja valonlähteeksi valittiin Philips MASTER LEDtube led-putkilamput.

Kolmas vertailuvalaistus toteutettiin led-moduulivalaisimin. Vertailussa käytettiin Varton LED luminaire Grilliato valaisimia. Kyseessä olevat valaisimet eivät ole luokituslaitoksen hyväksymät, mutta ne vastaavat valoteknisiltä ominaisuuksiltaan luokituslaitoksen hyväksymiä Glamox DLT RS(M) LED FR 865 valaisimia. Varton valaisimia käytettiin DIALux-vertailussa hyväksi, koska luokituslaitoksen hyväksymistä led-valaisimista ei ollut mahdollista saada DIALux-ohjelmiston käyttämää ies- tai ltd-valaisintiedostoa. Valaisinten tiedot löytyvät liitteistä.

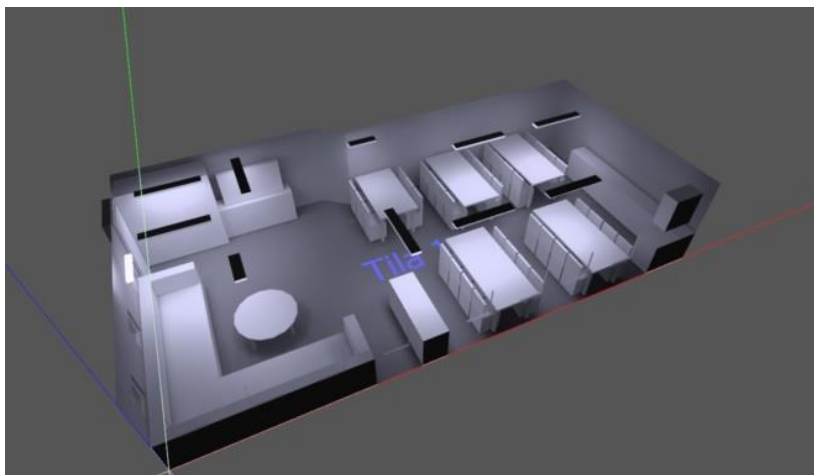
Vertailun lähtökohtana pidettiin valaisinten kykyä tuottaa laivan yleisvalaistukseen riittävä valaistusvoimakkuus. Eri valaistusvaihtoehtojen tuottama valaistusvoimakkuus esimerkkituloissa selvitettiin DIALuxin Isolux-piirroksen avulla. Valaistuksen valovoimakkuuden minimiarvot määriteltiin Taulukon 1 suositusten mukaan.

Taulukko 1. Valaistusvoimakkuussuositukset (Työterveyslaitos 2014)

Suosittelava valaistusvoimakkuus (lx)	Tila tai työskentelyolosuhde	Esimerkkejä
20 - 30 - 50	ulkotyöalueiden yleisvalaistusvoimakkuus	
50 - 75 - 200	tilat, joita ei käytetä jatkuvasti työskenneltäessä	eteiset, aulat, käytävät, varastot
200 - 300 - 500	yksinkertaiset näkötehtävät	paperikonesalit, maalaamot, karkea penkkityö
300 - 500 - 700	kohtuullista tarkkuutta vaativat näkötehtävät	toimistot, luokahuoneet, laboratoriot
500 - 750 - 1000	tarkkuutta vaativat näkötehtävät	pankkien asiakaspalvelu, avotoimistot, melko tarkka kone- ja penkkityö, tarkka piirustustyö
750 - 1000 - 2000	erittäin suurta tarkkuutta vaativat näkötehtävät	värintarkastus, värinmäärittely, tarkka kone- ja penkkityö, tarkka piirustustyö
1000 - 2000 - 3000	pitkäaikaiset erittäin vaativat näkötehtävät	mikroelektroniikka, käsikaiverrus, mikroskopointi

7.1 Messin valaistus

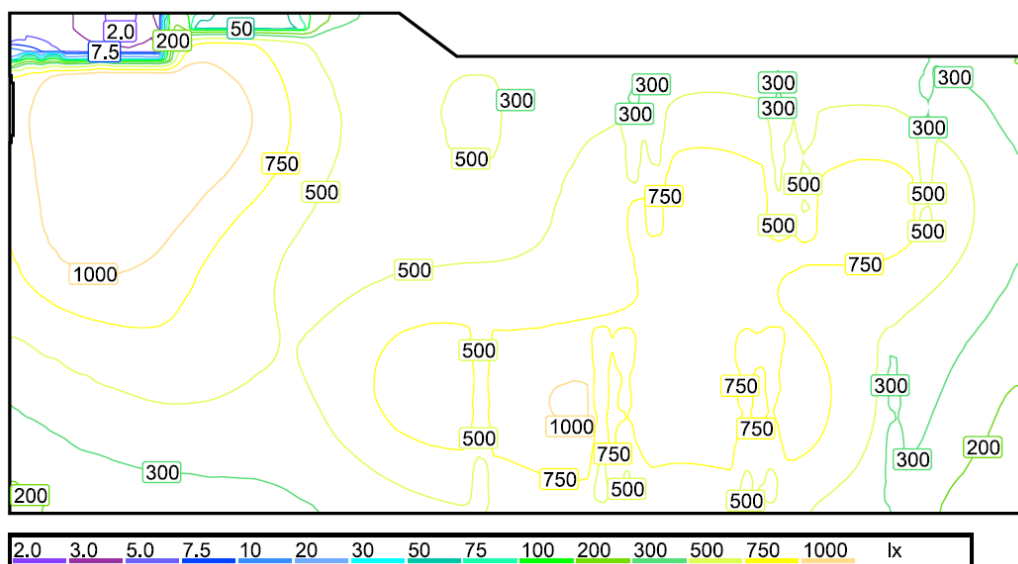
Valaistusvaihtoehtojen vertailu aloitettiin mallintamalla Arandan valaistuspiirustusten pohjalta messin 3D-malli DIALux-ohjelmistoon. 3D-malliin lisättiin valaisimet ja suoritettiin valaistuskalkulaatio. Kalkulaatio toteutettiin kolmella erilaisella valaistuksella, niin että valaisinten paikat pysyivät aina samana. Kuva 10 esittää vertailuun käytetyn 3D-mallin, josta selviää valaisinten ja huonekalujen asettelu.



Kuva 10. 3D-malli Arandan messistä DIALux-ohjelmistossa

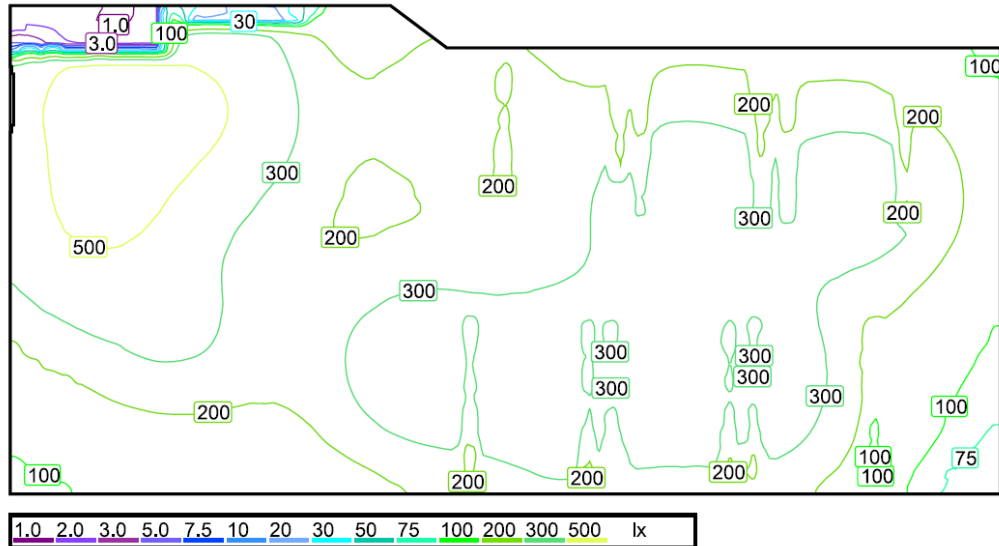
Arandan messi on pääsääntöisesti ruokailukäyttöön tarkoitettu tila, mutta sitä käytetään myös kokoustarkoituksiin. Näin ollen messi luokitellaan Taulukon 1 mukaan kohtuullista tarkkuutta vaativan näkötehtävän tilaksi, minkä suositeltava valaistusvoimakkuus on 300 lx – 700 lx.

Kuva 11 esittää messin Isolux-piirroksen T8-loisteputkivalaistuksella. Piirroksesta selviää kuinka valasinten tuottama valaistusvoimakkuus on jakautunut ympäri messiä. Tällä valaistuksella suurimmassa osassa messiä valaistusvoimakkuus on vähintään 500 luksia eli selvästi suositusten rajoissa. Ainoastaan aivan tilan reunoilla valaistusvoimakkuus laskee 300:n luksiin ja on näin ollen riittävä tilan valaistukseen.



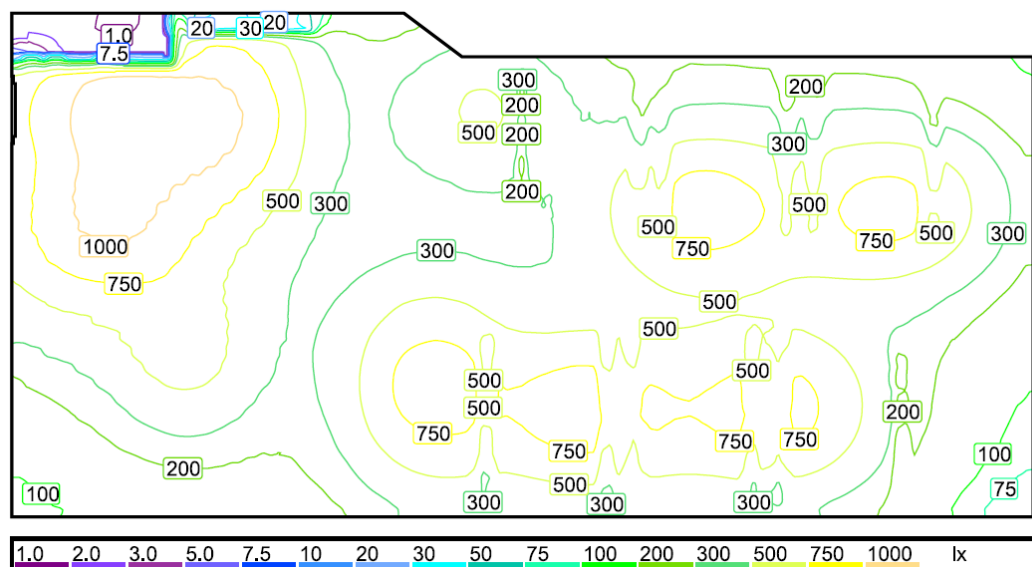
Kuva 11. Isolux-piirros Arandan messin valaistuksesta T8-loisteputkivalaisimin

Messin Isolux-piirrosta T8-loisteputkivalaisimeen asennetuin led-putkilampuin esittää Kuva 12. Kuvasta näkee selvästi, kuinka valaistusvoimakkuus led-putkilampuin toteutetulla valaistuksella on huomattavasti kuvan 11 T8-loisteputkilampuin toteutettua alhaisempi. Suuressa osassa tilaa valaistusvoimakkuus on 200 luksia, mikä on alle Taulukon 1 suositusarvon. T8-loisteputkivalaisimeen asennetuin led-putkilampuin toteutetun valaistuksen voidaan siten katsoa olevan messin valaistukseen liian tehoton.



Kuva 12. Isolux-piirros Arandan messin valaistuksesta T8-loisteputkivalaisimiin asennettuun led-putkilampuihin

Kuvan 13 Isolux-piirroksista selviää valaistusvoimakkuus messin eri kohdissa led-moduulivalaistuksella. Piirroksista selviää, että valaistusvoimakkuus suurimmassa osassa messiä on vähintään 300 luksia ja monin paikoin yli 500 luksia. Näin ollen valaistusvoimakkuus led-moduulivalaisimin toteutetuilla valaistuksella on Taulukon 1 suosituksen mukaan riittävä.

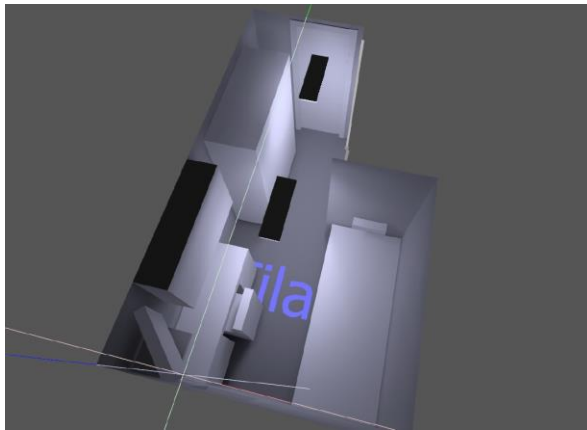


Kuva 13. Isolux-piirros Arandan messin valaistuksesta led-moduulivalaisimin

7.2 Hytin valaistus

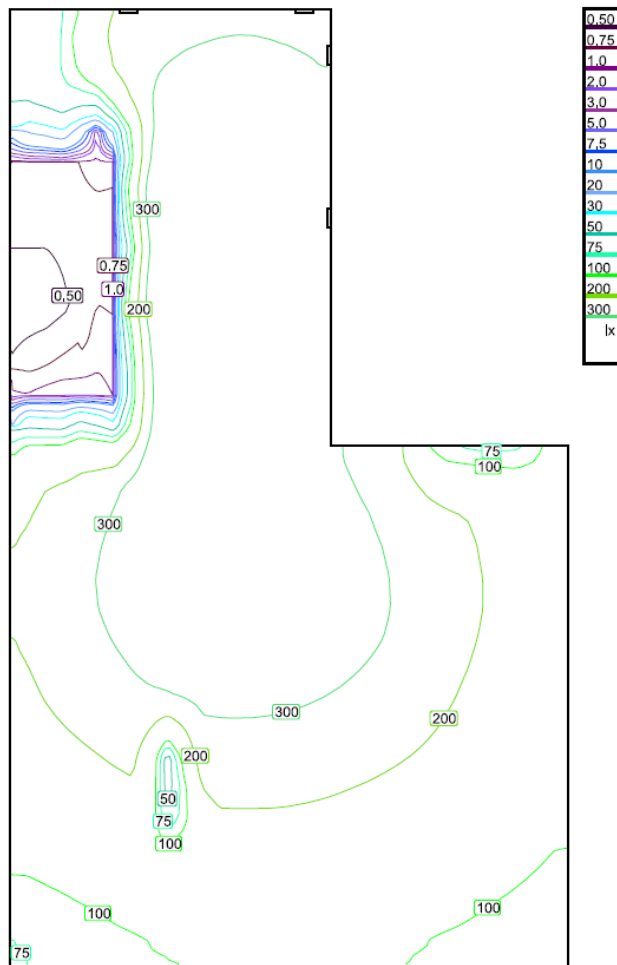
Arandan valaistuspiirustusten pohjalta piirrettiin hytin 3D mallinnus DIALux-ohjelmistoon. Mallinnukseen lisättiin valaisimet ja suoritettiin valaistuslaskelma. Laskelma toteutettiin - samoin kuin messin valaistus - kolmella erilaisella valaistuksella, niin että valaisinten paikat pysyivät aina samana. Kuva 14 esittää vertailuun käytetyn mallinnuksen, josta selviää valaisinten ja huonekalujen asettelu.

Hytti on vapaa-ajan oleskeluun, sekä nukkumiseen tarkoitettu tila, joka luokitellaan Taulukon 1 mukaan tilaksi, jota ei jatkuvasti käytetä työskenneltäessä. Suositeltava valaistusvoimakkuus tällaiseen tilaan on 50 lx – 200 lx.



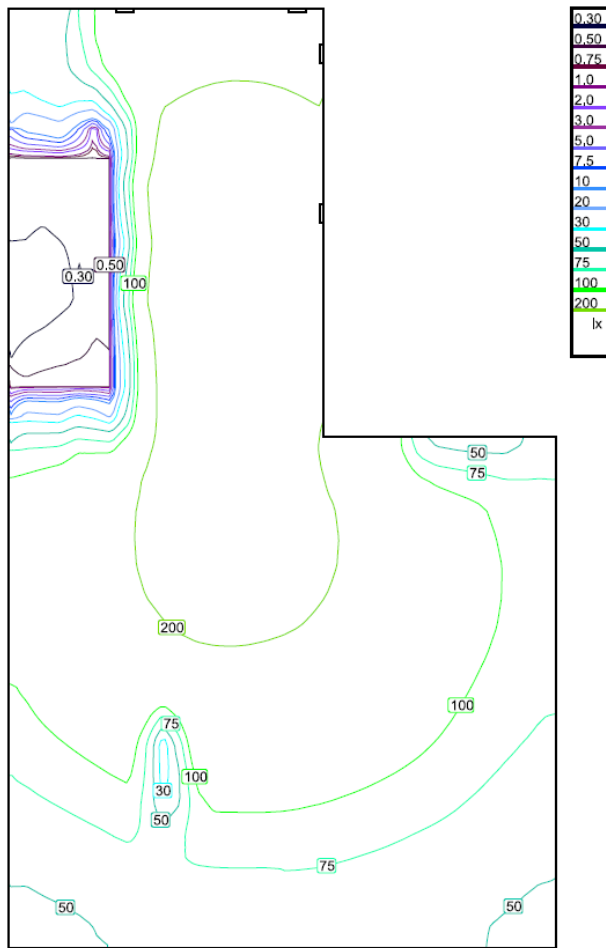
Kuva 14. 3D-malli Arandan miehistön hytistä DIALux-ohjelmistossa

Kuva 15 esittää hytin Isolux-piirroksen T8-loisteputkivalaistuksella. Piirroksesta selviää valaisinten tuottama valaistusvoimakkuus hytissä. Kyseisellä valaistuksella suurimmassa osassa hyttiä valaistusvoimakkuus on vähintään 200 luksia, mikä on Taulukon 1 mukaan varsin hyvä valaistusvoimakkuus kyseisen tyylliseen tilaan.



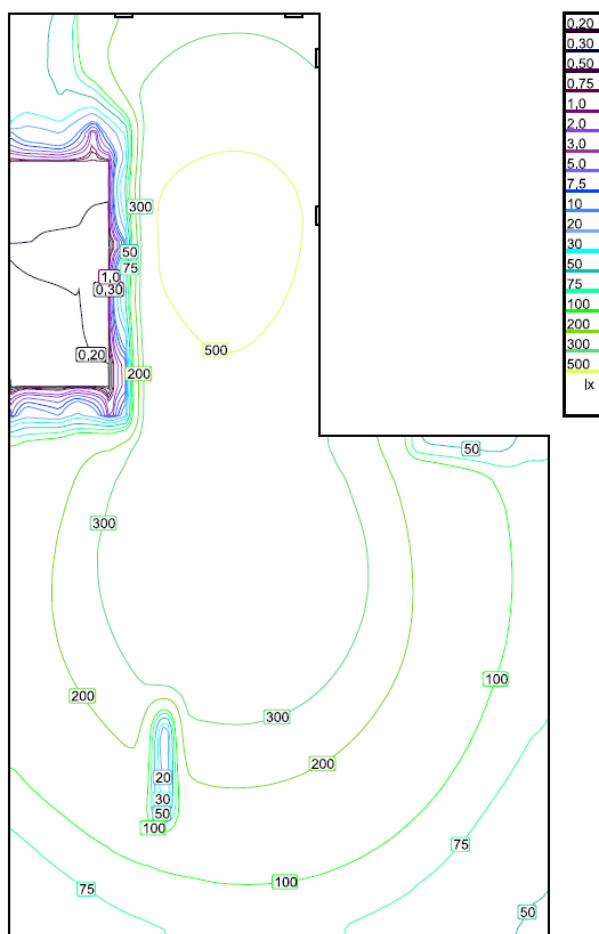
Kuva 15. Isolux-piirros Arandan miehistön hytin valaistuksesta T8-loisteputkivalaisimin

Hytin Isolux-piirrosta T8-loisteputkivalaisimeen asennetuin led-putkilampuin esittää Kuva 16. Kuvasta huomaa, kuinka valaistusvoimakkuus led-putkilampuin toteutetulla valaistuksella on Kuvan 15 T8-loisteputkilampuin toteutettua alhaisempi. Suuressa osassa tilaa valaistusvoimakkuus on 100:sta luksista 50:n luksiin, mikä on Taulukon 1 suosituksen mukainen, mutta selvästi T8-loisteputkilampulla toteutettu heikompi.



Kuva 16. Isolux-piirros Arandan miehistön hytin valaistuksesta T8-loisteputkivalaisimiin asennetuilla led-putkilampuilla

Kuvan 17 Isolux-piirroksista selviää valaistusvoimakkuus hytin eri kohdissa led-moduulivalaistuksella. Piirroksista voidaan nähdä, että valaistusvoimakkuus suuressa osassa hyttiä on vähintään 200 luksia ja paikoin yli 300 luksia. Näin ollen valaistusvoimakkuus led-moduulivalaisimin toteutetulla valaistuksella on Taulukon 1 suosituksen mukaan riittävä.



Kuva 17. Isolux-piirros Arandan miehistön hytin valaistuksesta led-moduulivalaisimin

7.3 Vertailu

Kun messin ja hytin DIALuxin Isolux piirroksia verrattiin keskenään kolmella eri valaistusvaihtoehdoilla, huomattiin eroja sekä eri valaistusvaihtoehtojen valontuotossa, että valonjaossa. Led-putkilampun valontuotto oli selvästi T8-loistelamppua ja led-moduulivalaisinta heikompi. T8-loistelampun ja led-moduulivalaisimen valontuotto taas oli lähes samaa luokkaa, mutta led-moduulivalaisimen valo jakautui pienemmälle alueelle. Syy T8-loisteputkilampun ja led-moduulivalaisimen valonjaon eroihin löytyy niiden rakenteellisista ja toiminnallisista eroista. Loisteputken valon tuotto perustuu sähköpurkaukseen sen päissä olevien elektrodien välissä, minkä vuoksi loisteputkilampun tuottama valo jakautuu lähes kaikkiin suuntiin. Led-moduulivalaisimella valo ei tavallisesti jakaudu ylöspäin, vaan se suuntautuu pienemmälle alueelle valaisimen alapuolelle. Valonjaon eroista johtuen loisteputkivalaisinten valonjako-ominaisuuksien kannalta suunniteltu valaisinten sijoittelu ei ole led-moduulivalaisinten kannalta paras mahdollinen. Kun messin Isolux-piirrosta T8-loisteputkivalaisimin (Kuva 11) ja led-moduulivalaisimin

(Kuva 13) vertaa keskenään huomaa, että T8-loisteputkivalaisimin toteutetulla valaistuksella valaistusvoimakkuus on jakautunut tasaisemmin koko tilan alueelle. Valaisinten paikkaa muuttamalla on kuitenkin mahdollista saada led-moduulivalaistuksen valaistusvoimakkuudesta yhtenäisempi.

Hytin Isolux-piirroksia verrattaessa erot valaistusvoimakkuuksissa oli messin vastaavaa pienemmät. led-putkilampuin toteutettu valaistus oli T8-loisteputkivalaistusta ja led-moduulivalaistusta heikompi, mutta ero T8-loisteputkivalaistuksen ja led-moduulivalaistuksen välillä oli pienempi. Led-moduulivalaistuksen valontuotto vaikutti hieman T8-loisteputkivalaistusta tehokkaammalta, mutta valo oli jakautunut hieman pienemmälle alueelle.

Vaikka DIALux-ohjelmistoa apuna käyttäen tehty vertailu on vain suuntaa antava, on sen avulla mahdollista päätellä eri valaistusten ominaisuuksia ja siten arvioida valaistuksen soveltuvuutta kyseiseen kohteeseen. Tehdyn vertailun perusteella T8-loisteputkivalaisimeen asennettavan led-putkilamppua ei tässä opinnäytetyössä suositella Arandan yleisvalaistuksen, koska sen tuottama valaistusvoimakkuus ei Isolux-piirrosten perusteella ole tarkkuutta vaativiin tehtäviin riittävä. Led-moduulivalaistuksen valaistusvoimakkuus taas on Isolux-piirrosten perusteella riittävä Arandan yleisvalaistukseen, mutta valaisinten sijoittelua ja lukumäärää tulisi harkita uudelleen.

8 VALAISTUKSEN ENERGIAKUSTANNUSLASKELMAT

Opinnäytetyössä verrattiin nykyistä vastaavan T8-loisteputkivalaistuksen ja led-moduulivalaistuksen energiakustannuksia. Energiakustannuksissa pyrittiin ottamaan huomioon, sekä laivan dieselgeneraattorin tuottaman sähköön kustannukset laivan ollessa merillä, että maasähkön kustannukset satamassa olon aikana.

8.1 Laskenta

Valaistuksen energiakustannukset laskettiin Excel-ohjelmassa. Laskelmaan otettiin kaikki laivalla käytössä olevat T8-loisteputkivalaisimet, sekä niitä vastaavat led-moduulivalaisimet. Laskelma ei ota huomioon valaisimien hyötysuhdetta, eikä virtalähteen tai liitäntälaitteen tehohäviöitä. Eri valaisinten vuorokautisten käyttötuntien arvioitiin olevan joko 24, 12 tai 2 tuntia.

Taulukot 2 ja 3 esittävät valaistuksen energiankulutusta T8-loisteputki-valaisimin ja led-moduulivalaisimin. T8-loisteputkivalaisimien teholutumat perustuvat laivalla valaisimissa käytössä olevien loisteputkilamppujen nimellistehoon ja led-moduulivalaisinten teholutumat valaisinvalmistajan määrittämään nimellistehoon. Led-valaisinten tiedot löytyvät liitteestä.

Taulukko 2. Energiankulutus T8-loisteputkivalaisimin

Energiankulutus T8-loisteputkivalaisimin				
	Lukumäärä	Teho (W)	Käyttötunnit vuodessa (h)	Kulutus vuodessa (kWh)
Pieni yleisvalaisin	64	36	4320	9953
Suuri yleisvalaisin	75	72	8640	46656
Suuri käytävävalaisin	46	36	8640	14308
Pieni käytävävalaisin	9	18	8640	1400
Hytin lukuvalaisin	38	8	720	219
Peilivalaisin WC	26	15	720	281
Suuri konehuonevalaisin	89	72	8640	55365
Pieni konehuonevalaisin	4	36	8640	1244
Suuri keittiövalaisin	13	72	4320	4044
Pieni keittiövalaisin	3	36	4320	467
Suuri ulkovalaisin	64	36	4320	9953
Pieni ulkovalaisin	3	18	4320	233
Yhteensä				144122

Taulukko 3. Energiankulutus led-moduulivalaisimin

Energiankulutus led-moduulivalaisimin				
	Lukumäärä	Teho (W)	Käyttötunnit vuodessa (h)	Kulutus vuodessa (kWh)
Pieni yleisvalaisin	64	20	4320	5530
Suuri yleisvalaisin	75	40	8640	25920
Suuri käytävävalaisin	46	20	8640	7949
Pieni käytävävalaisin	9	10	8640	778
Hytin lukuvalaisin	38	3	720	82
Peilivalaisin WC	26	10	720	187
Suuri konehuonevalaisin	89	40	8640	30758
Pieni konehuonevalaisin	4	20	8640	691
Keittiövalaisin	29	20	4320	2506
Ulkovalaisin	131	10	4320	5659
Yhteensä				80060

Taulukossa 4 on arvioitu Arandan dieselgeneraattorin tuottaman sähkön hinta kilowattituntia kohden. Taulukossa käytetty pääkoneen polttoaineen kulutus kilowattituntia kohden on mitattu 100% kuormalla kierrosnopeudella 1000 r/min. Laskelma ei pidä paikkaansa muilla kierrosnopeuksilla tai kuormilla, minkä vuoksi Taulukon 4 laskelma on vain erittäin karkea arvio dieselgeneraattorilla tuotetun sähkön hinnasta.

Taulukko 4. Energian hinta Arandan dieselgeneraattorilla. MDO:n hinta on keskimääräinen maailmanmarkkinahinta 27.3.2015.

Energian hinta Arandan dieselgeneraattorilla				
MDO hinta (\$/mt)	MDO hinta (€/mt)	MDO hinta (€/kg)	Pääkoneen kulutus (kg/kWh)	Energian hinta (€/kWh)
520	480	0,48	0,2005	0,09624

Taulukko 5 esittää kustannusarvion valaistuksen kuluttamasta sähköenergiasta. Energiakustannuksia laskettaessa oletettiin valaistuksen vuosittain kuluttamasta sähköenergiasta 50%:a tulevan laivan omasta sähköverkosta ja 50%:a maasähköverkosta. Laivan oman sähköverkon käyttökustannukset on laskettu Taulukon 4 tulosten pohjalta ja maasähkön kustannukset tammikuun 2015 yritysasiakkaan keskimääräisen sähkönhinnan mukaan.

Taulukko 5. Valaistuksen energiakustannukset. Maasähkön hinta on tilastokeskuksen laskelma tammikuun 2015 keskimääräisestä sähkön hinnasta yritysasiakkaille, jonka vuosikulutus on < 20 MWh/vuosi. (Tilastokeskus 2015)

Valaistuksen energiakustannukset					
	Energian hinta (€/kWh)	Kulutus vuodessa T8 (kWh)	Kulutus vuodessa led (kWh)	Energiakustannus T8 (€)	Energiakustannus led (€)
Diesel	0,09624	72061	40030	6935,15	3852,49
Maasähkö	0,1131	72061	40030	8150,10	4527,39
			Yhteensä	15085,25	8379,88
			Säästö		6705,37

8.2 Tulosten analysointi

Tehtyjen laskelmien perusteella Arandan yleisvalaistuksen sähkönkulutus pieneni led-moduulivalaistuksella lähes puoleen verrattuna nykyisen T8-loisteputkivalaistuksen sähkönkulutukseen, mikäli valaisinten lukumäärät säilytettäisiin entisellään. Laskelmissa ei otettu huomioon valaisinten hyötysuhdetta, eikä virtalähteiden tai liitäntälaitteiden tehohäviöitä, koska niiden määrit-

täminen puutteellisten valaisintietojen perusteella oli mahdotonta. On siten mahdollista, että led-moduulivalaistuksella saavutettu energian säästö Arandalla käytettyyn T8-loisteputkivalaistukseen verrattuna on jopa arvioitua suurempi, koska magneettikuristimella varustetun T8-loisteputkivalaisimen tehohäviöt ovat todennäköisesti led-moduulivalaisimen tehohäviöitä suuremmat. On kuitenkin todennäköistä, että led-valaistuksella saavutettu todellinen energiankulutuksen säästö on korkeintaan puolet T8-loisteputkivalaisimien kuluttamasta energiasta, jos parhaimman mahdollisen valaistuksen aikaan saamiseksi valaisinten lukumäärää led-valaisimilla toteutettavassa valaistusratkaisussa on lisättävä.

Valaistuksen energiakustannuksia laskettaessa dieselgeneraattorilla tuotetun sähkön hinta laskettiin hyvin yksinkertaistetulla menetelmällä, koska dieselgeneraattorin kulutukseen vaikuttavat erittäin monet seikat, joiden huomioon ottaminen laskelmissa on käytännössä mahdotonta. Dieselgeneraattorin kulutus riippuu muun muassa sen kuormasta, sekä pyörimisnopeudesta. Tavallisesti laivan dieselgeneraattorin ominaiskulutus on pienimmillään noin 85%:n kuormituksella. Tämä tarkoittaa, että dieselgeneraattori toimii kyseisessä kuormitustilanteessa parhaiten. Dieselgeneraattorin kuorman alenema valaistukseen tarvittavan sähkötehon pienentyessä voi nostaa dieselgeneraattorin ominaiskulutusta ja vaikuttaa generaattorin osien kulumiseen. Näin ollen valaistukseen tarvittavan sähkötehon pienentyminen ei ole suoraan verrannollinen generaattorin polttoaineen kulutukseen. On myös muistettava että generaattorin kuormitukseen vaikuttaa kaikki laivalla käytössä olevat sähkölaitteet eli generaattorin kuormitus siis vaihtelee sen mukaan mitkä sähkölaitteet kussakin tilanteessa ovat käytössä. Taulukon 4 laskelmasta saadaan kuitenkin karkea arvio Arandan päädieselgeneraattorin tuottaman sähkötehon hinnasta.

Arandan valaistuksen energiankustannuksiin vaikuttaa maasähkön ja polttoaineen hinta, sekä Arandan tutkimusmatkojen määrä. Polttoaineen hinta on tämän opinnäytetyön tekohetkellä laskenut tuntuvasti vuodentakaisesta, mutta sen odotetaan lähitulevaisuudessa nousevan. Myös maasähkön hinta voi vuosittain vaihdella selvästi. Laskelmasta saadaan kuitenkin käsitys led-moduulivalaistuksen mahdollisesti tuottamista säästöistä.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Led-valaistuksella on omat heikkoutensa, mutta se on tällä hetkellä nopeimmin kehittyvä valaistusmuoto, jolla on paljon potentiaalia. Viime vuosina yhä useammissa laivanvarustamoissa kiinnostus led-valaistukseen on kasvanut, mikä näkyy laivavalaistukseen erikoistuneiden yritysten led-valaisinten tarjonnassa. Lähes kaikki laivan valaisimet on mahdollista vaihtaa merenkulun luokituskäytöksen hyväksymiin led-valaisimiin, mutta led-valaistuksen todellisista hyödyistä laivoolosuhteissa ei vielä tämän opinnäytetyön kirjoitushetkellä ole juuri saatavilla julkista kokemusperäistä tietoa. Opinnäytetyön selvitysten pohjalta led-valaistus on kuitenkin merentutkimusalue Arandan yleisvalaistukseen varten otettava valaistusvaihtoehto, mutta sen investointikustannukset ovat varsin korkeat.

Vaikka led-valaistusta voisi tämän opinnäytetyön perusteella suositella laivan valaistusvaihtoehtoksi, ei se sovellu kaikkiin laivan tiloihin yhtä optimaalisesti. Esimerkiksi konehuoneen lämpimissä olosuhteissa led-valaisimen valovirran tuotto voi laskea valmistajan lupauksia nopeammin, mikä lyhentää ledin käyttöikää. Lediä soveltuvampi valaistusvaihtoehto konehuoneeseen voisikin olla uudemmat T5-loisteputkivalaisimet, jotka kuluttavat lähes yhtä vähän energiaa kuin led-valaisimet ja joiden toimintaa konehuoneen lämpötila ei merkittävästi heikennä. Muihin kuin konetiloihin led-valaistus soveltuu kuitenkin ominaisuuksiensa puolesta hyvin. Suurin hyöty led-valaistuksesta on kuitenkin mahdollista saada laivan ulkokansien ja kylmätilojen valaistuksessa.

Led-valaistukseen on olemassa myös muita vaihtoehtoja, kuin mitä tämän opinnäytetyön puitteissa oli aikaa selvittää. Yksi varten otettava valaistusvaihtoehto alusten valaistuksen uudistamiseen on vanhojen loisteputkivalaisinten muuntaminen led-moduulille sopivaksi. Tämä muutostyö on kuitenkin järkevää vain, jos valaisimet ovat hyväkuntoisia, eivätkä niiden suojakuvut ole erityisen kalliita. Muutostyön järkevyys on siis arvioitava jokaisen valaisinmallin kohdalla erikseen. Mikäli vanhojen loisteputkivalaisinten muuttaminen led-moduulille soveltuvaksi olisi kuitenkin mahdollista, se sekä säästäisi led-valaistuksen investointikustannuksissa, että olisi koko valaistuksen muuttamista ympäristöystävällisempi ratkaisu, jos vanhan valaisimen osia voidaan uusiokäyttää uudessa valaisimessa. (Hede 2015.)

Kaikkiaan led-valaistuksen voidaan katsoa olevan ekologinen vaihtoehto laivavalaistukseen, mutta sen yleistymistä hidastaa korkea hinta. Led-tekniikan kehittyessä valaisinten hintojenkin voidaan olettaa pienentyvän, mikä toivottavasti näkyy myös led-valaistuksen yleistymisenä laivoilla.

LÄHTEET

Cizek, C. 2009. Shipboard LED Lighting: A Business Case Analysis. Pro gradu –työ. Naval Postgraduate School Monterey.

Det Norske Veritas. 2013. Rules for Classification of Ships / High Speed, Light Craft and Naval Surface Craft. Part 4 Chapter 8

Ensto Pro – verkkojulkaisu. 2014. LED. Saatavissa:

<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228387387439/1233229692599/1233229715150.html> [Viitattu 11.11.2014]

Glamox Luxo Lighting. 2013. Kymmenen asiaa, jotka sinun tulee tietää ledeistä. Saatavissa: http://www.glamox.com/upload/2013/09/26/fi_singlepages-2.pdf [Viitattu 25.2.2015]

Halonen, L. Lehtovaara, J. 1992. Valaistustekniikka. Otatieto Oy. Jyväskylä

Heinonen, T. 2012. LED-sovelluksen materiaaliperäinen vikaantuminen. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto. Materiaalitekniikan koulutusohjelma.

Hede, S. 2015. Systemivastaava, valaistus systemit, elektronisen suunnittelun osasto. Meyer Turku. Puhelinhaastattelu 24.4.2015

IACS. 2011. CLASSIFICATION SOCIETIES - WHAT, WHY and HOW? Saatavissa:

<http://www.iacs.org.uk/document/public/explained/WHAT,%20WHY%20and%20HOW%20Jan%202015.PDF> [Viitattu 2.3.2015]

Jahonen, J. 2009. LED-valaisimen jäähdytys. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Elektroniikan laitos.

Jokinen, M. 2011. LED-valot rakentamisessa. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma

Lloyd's Register. 2014. Rules and Regulations for the Classification of Ships.

Osram. 2015. The history of the LED. Saatavissa:

http://www.osram.com/osram_com/news-and-knowledge/led-home/professional-knowledge/led-basics/led-history/index.jsp [Viitattu 3.2.2015]

Pulli, T. 2010. Energiansäästölamppujen valotehokkuuden mittaaminen. Kandidaatintyö. Aalto-yliopisto. Elektroniikan, tietoliikenteen ja automaation tiedekunta.

Puolakka, M. Rantakallio, A. Tähkämö, L. Viitanen, J. Ylinen, A & Halonen, L. 2012. LEDit ja aurinkosähkö - Energiat ehokas ja kestävä valaistus. Saatavissa: http://www.lightinglab.fi/solarled/solarled_loppuraportti.pdf [Viitattu 26.2.2015]

Russian Maritime Register of Shipping. 2014. Rules for the Classification and Construction of Sea-Going Ships.

Spring, K. Fellers, T & Davidson, M. 2003. Introduction to Light Emitting Diodes. Saatavissa: <http://micro.magnet.fsu.edu/primer/lightandcolor/ledsintro.html> [Viitattu 9.11.2014]

Tetri, E. 2011. Kannattaako valot sammuttaa? Saatavissa: <http://www.aka.fi/fi/T/Kysytyt-kysymykset/Kannattaako-valot-sammuttaa/> [Viitattu 25.2.2015]

Tilastokeskus. 2015. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin. Saatavissa: http://pxweb2.stat.fi/Dialog/varval.asp?ma=050_ehi_tau_105_fi&path=../database/StatFin/ene/ehi/&lang=3&multilang=fi [Viitattu: 27.3.2015].

Trafi. 2015. Työnjako luokituslaitosten kanssa. Saatavissa: http://www.trafi.fi/merenkulku/tarkastukset_ja_hyvaksynnat/katsastukset/tyonjako_luokituslaitosten_kanssa [Viitattu 2.3.2015]

Tukes. 2014. LED - valoputket loisteputkien korvaajina. Saatavissa: http://www.tukes.fi/Tiedostot/sahko_ja_hissit/ohjeet/LED_valoputket_loisteputkien_korvaajina.pdf [Viitattu 9.3.2014]

Työterveyslaitos. 2014. Valaistusvoimakkuus. Saatavissa:

<http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/valaistus/valaistusvoimakkuus/sivut/default.asp>

[x](#) [Viitattu 12.3.2015]

KUVAT

Kuva 1. Valovirran laskentakaavio. Ensto Pro – verkkojulkaisu. Saatavissa:
http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/material/attachments/vanhaamk/etuotanto/0705016/5hZOS6mDZ/Suureet_kaavat.pdf [Viitattu 3.11.2014]

Kuva 2. Valovoiman laskentakaavio. Ensto Pro – verkkojulkaisu. Saatavissa:
http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/material/attachments/vanhaamk/etuotanto/0705016/5hZOS6mDZ/Suureet_kaavat.pdf [Viitattu 3.11.2014]

Kuva 3. Valaistusvoimakkuuden laskentakaavio. Ensto Pro – verkkojulkaisu
Saatavissa:
http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/material/attachments/vanhaamk/etuotanto/0705016/5hZOS6mDZ/Suureet_kaavat.pdf [Viitattu 3.11.2014]

Kuva 4. Luminanssin laskentakaavio. Ensto Pro – verkkojulkaisu. Saatavissa:
http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/material/attachments/vanhaamk/etuotanto/0705016/5hZOS6mDZ/Suureet_kaavat.pdf [Viitattu 3.11.2014]

Kuva 5. Ledin toimintaperiaate. Electronics Terms. Saatavissa:
<http://electronicsterms.com/light-emitting-diode-led/> [Viitattu 12.11.2014]

Kuva 6. Perinteisen ledin rakenne. Philips Lighting. Saatavissa:
http://www.lighting.philips.com/pwc_li/main/connect/Lighting_University/Internet-courses/LEDs/led-lamps8.html [Viitattu 12.11.2014]

Kuva 7. Teholedin rakennekuva. Philips Lighting. Saatavissa:
http://www.lighting.philips.com/pwc_li/main/connect/Lighting_University/Internet-courses/LEDs/led-lamps8.html [Viitattu 12.11.2014]

Kuva 8. Led-putkilamppu. Tekniikkamaa. 2015. Saatavissa:
<http://www.tekniikkamaa.com/LED-Putki-12W-4000K-600mm-1320lm> [Viitattu 26.2.2015]

Kuva 9. Lineaarinen led-moduulivalonlähde. Osram. 2015. Saatavissa: http://www.osram.fi/osram_fi/tuotteet/led-teknologia/valonlaehteet-ja-moduulit/linear-valonlaehteet-ja-led-moduulit/prevaled/prevaled-linear-value-2/index.jsp [Viitattu 26.2.2015]

Kuva 10. 3D-malli Arandan messistä DIALux-ohjelmistossa. 2015.

Kuva 11. Isolux-piirros Arandan messin valaistuksesta T8-loisteputkivalaisimin. 2015.

Kuva 12. Isolux-piirros Arandan messin valaistuksesta T8-loisteputkivalaisimiin asennetuin led-putkilampuin. 2015.

Kuva 13. Isolux-piirros Arandan messin valaistuksesta led-moduulivalaisimin. 2015.

Kuva 14. 3D-malli Arandan miehistön hytistä DIALux-ohjelmistossa. 2015.

Kuva 15. Isolux-piirros Arandan miehistön hytin valaistuksesta T8-loisteputkivalaisimin. 2015

Kuva 16. Isolux-piirros Arandan miehistön hytin valaistuksesta T8-loisteputkivalaisimiin asennetuin led-putkilampuin. 2015.

Kuva 17. Isolux-piirros Arandan miehistön hytin valaistuksesta led-moduulivalaisimin. 2015.

DLT RS(M) LED FR 865

Lighting fixture for panel ceilings



- LED energy and maintenance saving
- Single or continuous installation in panel ceilings
- Side profiles or frame for adaption to a wide range of ceiling types

Application

For recessed installation in panel ceilings or solid ceilings.

Design

According to maritime requirements.

Housing

Steel housing and variants of side rails or frames for adaption to most type of panel ceilings.

Finish

Powder coated white RAL9016.

Diffuser

Frame with options of plastic sheet available as accessory.

FR1 = Double prismatic acrylic plastic

FR2 = Opal acrylic plastic

Frame to be ordered separately.

Electric

With electronic driver HF, with analogue dimming HFDa 1-10V or with emergency HF-EB. External battery box to be ordered separately. DALI dimming on request.

Light source

LED 865

**Mounting**

To be mounted in modular panel or solid ceiling.

NB: Side rails, frames and suspension brackets to be ordered separately.

Emergency battery box to be ordered separately.

Termination

One 3-way + one 2-way push in terminal block, 2 x 2.5 mm².

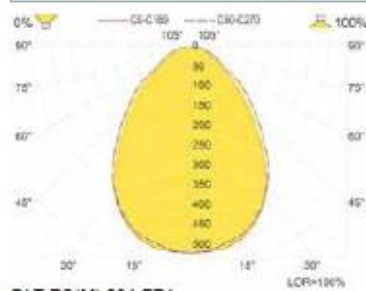
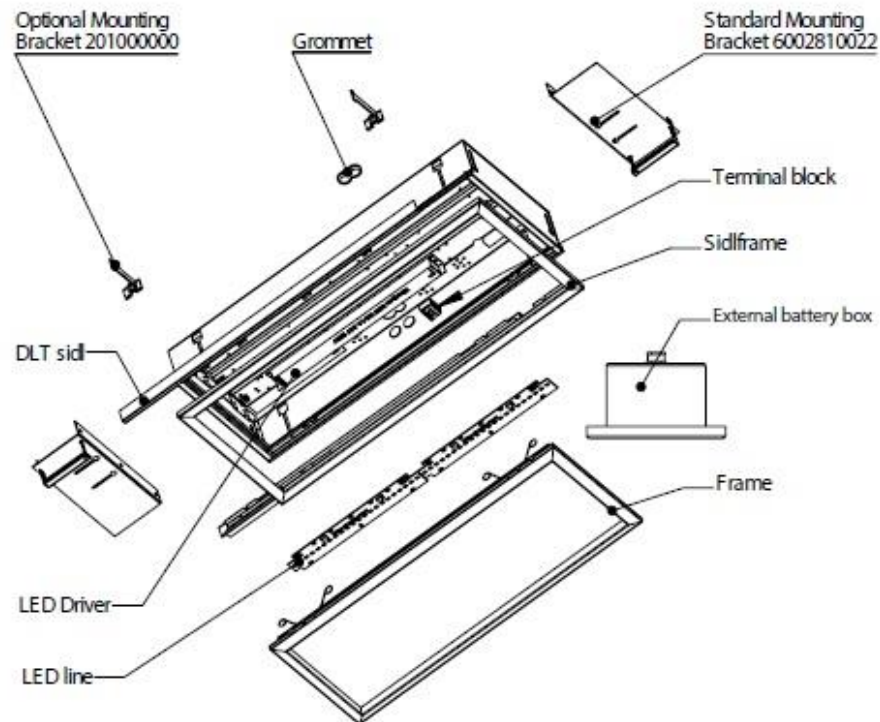
Cable entry

One double hole 20.5 x 41 mm with rubber grommet on top, two knock outs Ø20.5 on other side of top and two knock outs Ø20.5 on one long side.

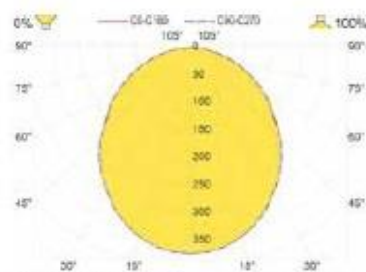
More variants are available on request. Complete assortment on www.glamox.com/gmo.

Product	HF	HF	HFDa	HF-EB3	L	LI	Weight kg		Lamp
	220/240V	120V	220/240V	220-240V	mm	mm	220/240V	120V	Code
DLT RS(M) 1400 HF 865 FR1	K225286101	K225286111	K225286201	K225286401	637	518	4,4	5,4	LED
DLT RS(M) 1400 HF 865 FR2	K225286102	K225286112	K225286202	K225286402	637	518	4,4	5,4	LED
DLT RS(M) 2800 HF 865 FR1	K225486101	K225486111	K225486201	K225486401	1247	1129	8,1	9,1	LED
DLT RS(M) 2800 HF 865 FR2	K225486102	K225486112	K225486202	K225486402	1247	1129	8,1	9,1	LED
DLT-RS(M) EB3 BATTERYBOX 1400 HF 3.6V 4Ah				6003610001			1,39		
DLT-RS(M) EB3 BATTERYBOX 2800 HF 4.8V 4Ah				6003610002			1,52		
Accessories					Part-No.				
MNT-I DLT RL/RS (End suspension)					6002810022		0,66		
MNT DLT RT (Side suspension)					K201000000		0,11		
DLT SIDL RS 1400 HF Dampu/DAN M300					6002812005		0,3		
DLT SIDL RS 2800 HF Dampu/DAN M300					6002814005		0,78		
DLT SIDLFRAME RS 1400 HF 300x660x10					6009242290		0,9		
DLT SIDLFRAME RS 2800 HF 300x1280x10					6009242490		1,3		

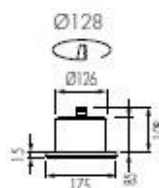
Spare Parts/ Accessories



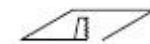
DLT RS(M) 284 FR1



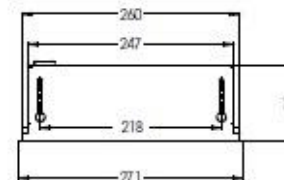
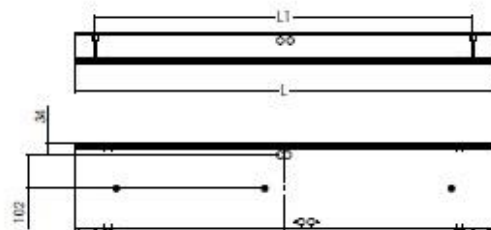
DLT RS(M) 284 FR2



Cut out measure
external battery box Ø128



Cut out measure for solid ceiling
218 = 264 x 639 (W x L)
236 = 264 x 1249 (W x L)
For Damp/Dan M300 = only length



Measurements are in mm

TL14 LED

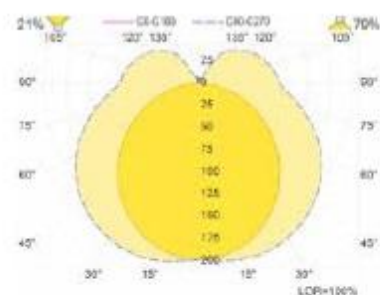
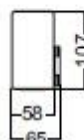
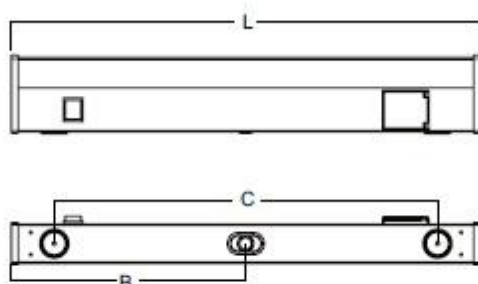
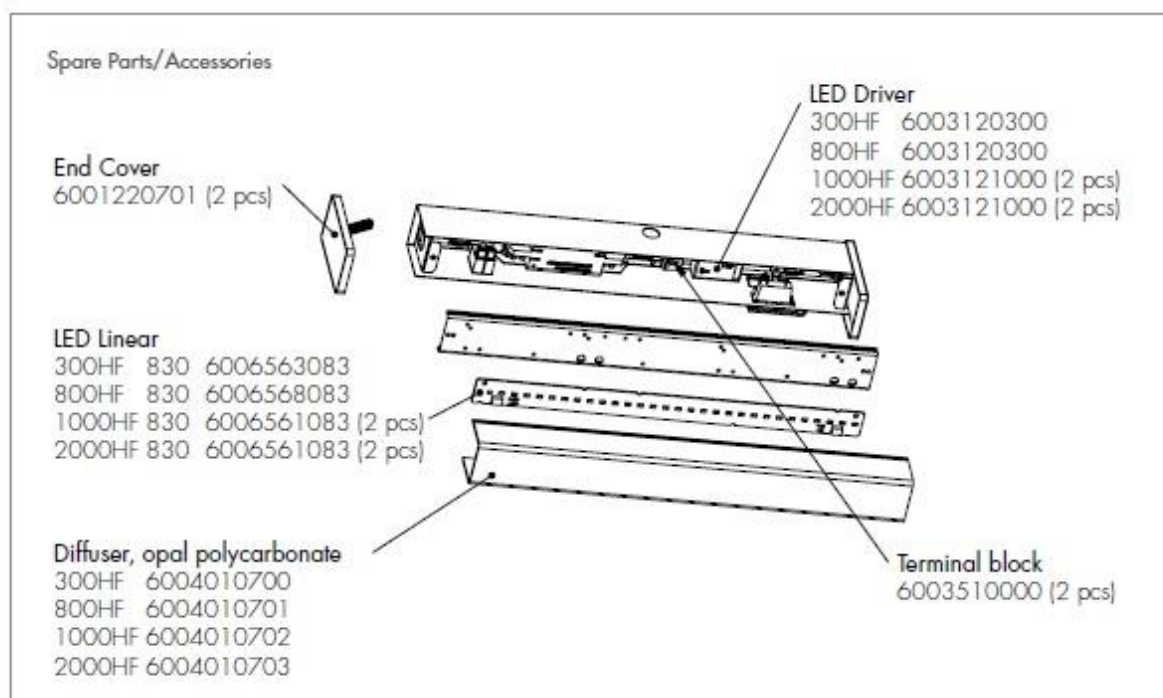
Functional mirror lamp



Switch with rubber cover

- LED energy and maintenance saving
- Robust mirror lamp
- Diffuser in opal polycarbonate
- Soft light distribution

Application	Mirror lamp for wall mounting above or on side of mirror. Also available as berth lamp.
Design	Rectangular design Correct mirror lighting
Housing	Steel housing with spring operated plastic end caps
Finish	Powder coated white RAL9016
Optic	Opal polycarbonate diffuser in V0 quality
Electric	With electronic driver 120-240V, 50-60Hz. Variants with two-pole switch (S), with universal shaver socket and transformer for 110/220V (U) or with Schuko socket (SC) are available.
Light source	LED 300, 800, 1000 or 2000 lm, 830
Mounting	To be installed directly to wall or ceiling
Connection	One hole Ø19 mm with grommet in back. One knock-out Ø19 at top. One 3-way push in terminal block, 2 x 2.5 mm².



Product	Part-No. 120-240V	Part-No. 220-240V	Part-No. 120V	L mm	C mm	Weight kg	Lamp code
TL14W58 300HF 830	TL14183753			316	212	0,95	LED
TL14W58 300HF 830 S	TL14183760			316	212	0,95	LED
TL14W58 300HF 830 SSC	TL14183777			316	212	0,95	LED
TL14W58 800HF 830	TL14183814			486	370	1,4	LED
TL14W58 800HF 830 S	TL14183845			486	370	1,4	LED
TL14W58 800HF 830 U		TL14183821	TL14183883	486	370	1,9	LED
TL14W58 800HF 830 SU		TL14183852	TL14183906	486	370	1,9	LED
TL14W58 1000HF 830	TL14183913			637	521	1,5	LED
TL14W58 1000HF 830 S	TL14183944			637	521	1,5	LED
TL14W58 1000HF 830 U		TL14183920	TL14183982	637	521	2,1	LED
TL14W58 1000HF 830 SU		TL14183951	TL14183002	637	521	2,1	LED
TL14W58 2000HF 830	TL14183119			1247	1131	2,8	LED

S = switch, U = universal razor socket with transformer and selector 230/110, SU = switch/universal razor socket with transformer and selector 230/110,
SC = Schuko socket, SSC = switch and Schuko socket
HF = 230-240V/50-60Hz

Complete assortment on www.glamox.com/gmo

TL60 LED

Multipurpose luminaire surface, watertight



- Seawater resistant aluminium housing
- Long and short version available
- Compact and slim design

Application

For areas like car decks, engine rooms and other demanding applications such as extreme weather conditions at sea

Design

According to rules of maritime classification societies, additional VDE and IEC/EN

Housing

Seawater resistant aluminium

Finish

Grey anodized

Diffuser

Polycarbonate soft opal

Electric

Flexible wiring heat resistant up to 105°C; Through wiring available

Light source

LED

Mounting

Mounting options with different mounting brackets; on request

Cable entry

Cable entry 2xM25x1.5 polyamide D7-17mm and blind plugs 2xM25x1.5 polyamide

Termination

Terminal 3-pole/6 mm²

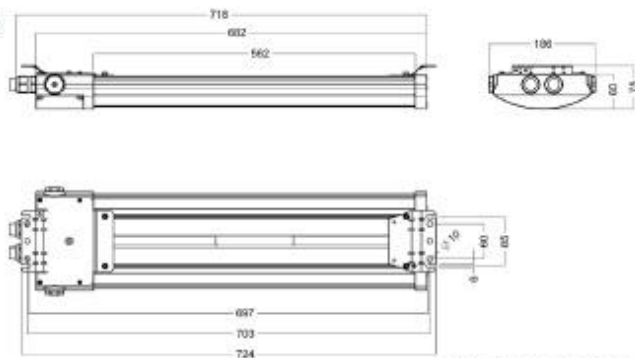
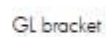
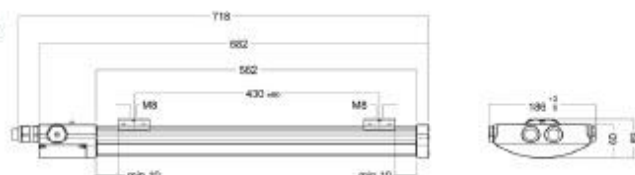
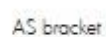
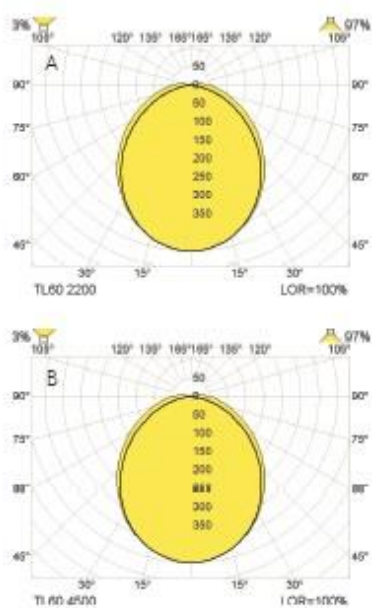
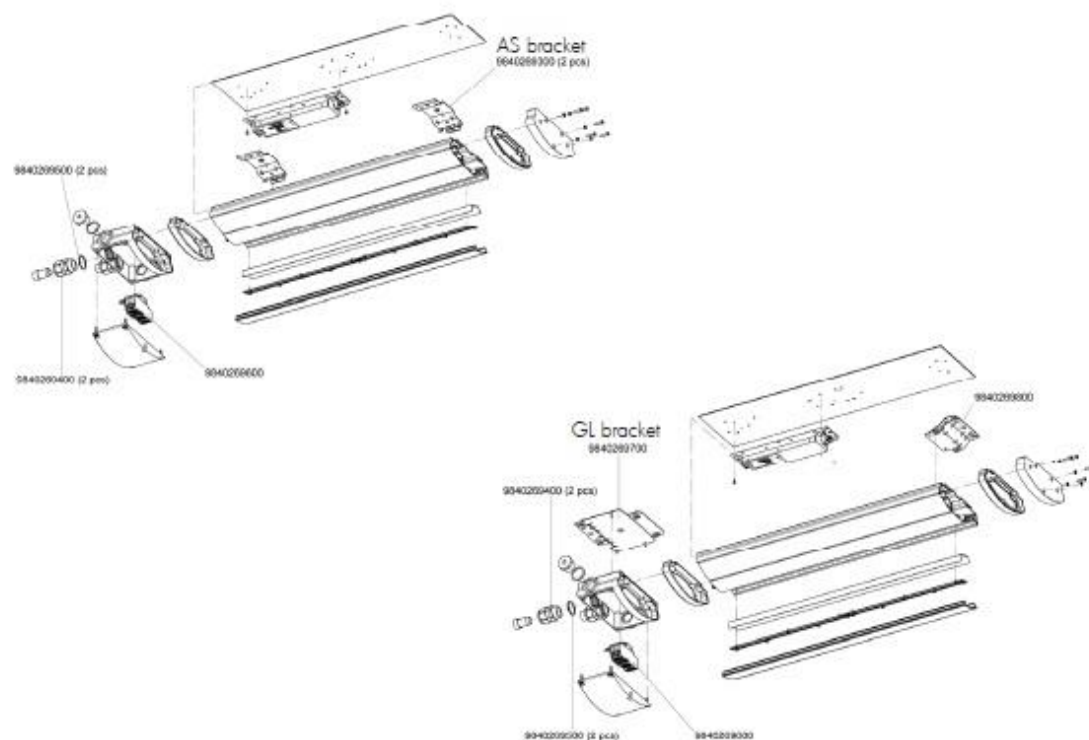


More variants are available on request. Complete assortment on www.glamax.com/gmo.

Product	Part-No. 110-240V 50/60Hz	Part-No. 230V 50/60Hz (Emergency 3h)	Weight kg	Lamp Code	Light Distr.
TL60 2200 840 110-240 M25 AS	TL00404001		3.0	LED 2200 lm	A
TL60 2200 840 110-240 M25 GL	TL00404002		3.0	LED 2200 lm	A
TL60 2200 840 110-240 HFDa M25 AS	TL00404003		3.0	LED 2200 lm	A
TL60 2200 840 110-240 HFDa M25 GL	TL00404004		3.0	LED 2200 lm	A
TL60 2200 840 230 HFE3 M25 AS		TL00424005	4.8	LED 2200 lm	A
TL60 2200 840 230 HFE3 M25 GL		TL00424006	4.8	LED 2200 lm	A
TL60 4500 840 110-240 M25 AS	TL00704001		0.5	LED 4500 lm	B
TL60 4500 840 110-240 M25 GL	TL00704002		0.5	LED 4500 lm	B
TL60 4500 840 110-240 HFDa M25 AS	TL00704003		0.5	LED 4500 lm	B
TL60 4500 840 110-240 HFDa M25 GL	TL00704004		0.5	LED 4500 lm	B
TL60 4500 840 230 HFE3 M25 AS		TL00724005	7.8	LED 4500 lm	B
TL60 4500 840 230 HFE3 M25 GL		TL00724006	7.8	LED 4500 lm	B

AS = AS bracket; GL = GL bracket -> see drawings under Spare Parts / Accessories

Spare Parts / Accessories



Measurements are in mm

EL 14 Cornice Luminaire, surface

4

48

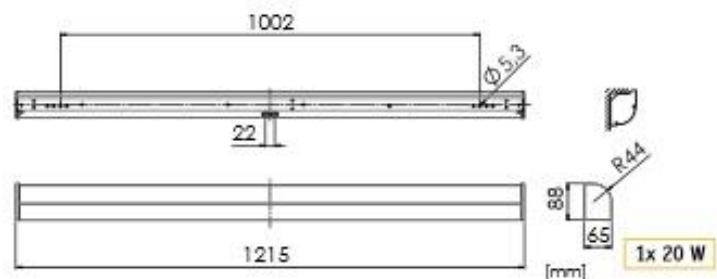
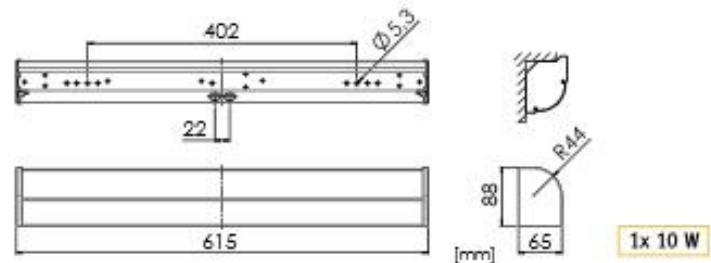
Part no. 10 W 5113002900-xxx
20 W 5113003000-xxx

Light source	Linear LP LED modules
Wattage	10 W / 20 W
Equivalent	14 / 28 W FL T5 18 / 36 W FL T8
CCT (color)	3,000 K or 4,000 K
CRI	≥ 80
Voltage	110-240 V AC
Frequency	50-60 Hz



Cornice luminaire, efficient lighting for floor areas, passage ways, cabins, accommodation areas

Design	According to rules of maritime classification societies and relevant standards
Housing	Galvanized steel, powder coated white (RAL9016)
End caps	White polycarbonate
Diffuser	Opal polycarbonate, impact-proof
Mounting	2 / 4 mounting holes, Ø 5.3 mm
Cable entry	4 cable entries, Ø 20 mm
Protection class	IP30
Weight	2.1 kg (1x 10 W) / 3.5 kg (1x 20 W)



Spare parts

LED module kit	7409001400
LED driver	7103011200
Lamp cover (1x 10 W)	7933000100
Lamp cover (1x 20 W)	7933000200
End cap left	7504000400
End cap right	7504000500



LightPartner Lichtsysteme GmbH & Co. KG

Technical modification reserved without prior notice

Kitchen and Coldroom Luminaire

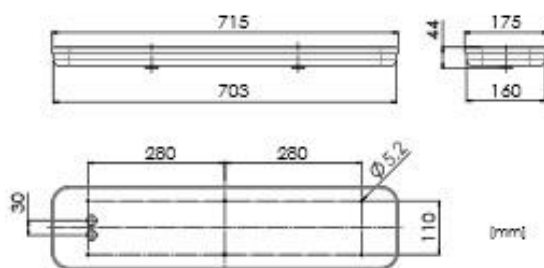
KR 61 ZF

2

17


Superflat surface luminaire for kitchens, pantries, provision stores and coldrooms, IP56

Design	According to rules of maritime classification societies and regulation of USPH
Base plate	Stainless steel, 1.4301 (AISI 304)
Cover	Clear polycarbonate, impact-proof, UV resistant, with silicone rubber gasket
Mounting	6 mounting holes, Ø 5.2 mm
Cable entry	2x M20 PA6 cable glands or grommets
Wiring	flexible wiring, heat resistant up to 105°C
Protection class	IP56
t_a	-30°C ... + 40°C
Weight	2.8 kg


Extras

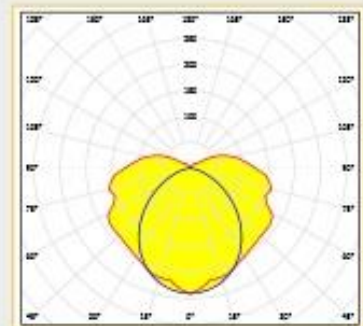
24 V DC

Different cable glands on request

Technical modification reserved without prior notice

Part no. 5107000900-xxx

Light source	Linear LP LED modules
Wattage	2x 10 W
Equivalent	2x 14 W FL T5 2x 18 W FL T8
CCT (color)	4,000 K
CRI	≥ 80
Voltage	220-240 V AC or 110-120 V AC
Frequency	50-60 Hz


Spare parts

LED module kit	7409001000
LED driver 230 V	7103011400
Lamp cover kit	7112026900

LightPartner Lichtsysteme GmbH & Co. KG



TL 53 Pressure Watertight Luminaire

2

18

Part no. 5105008500-000

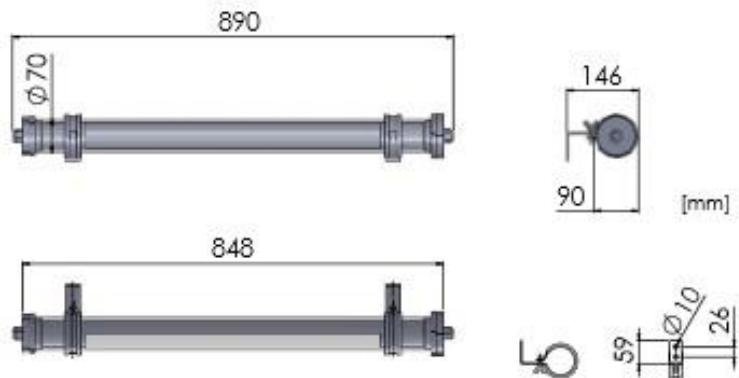
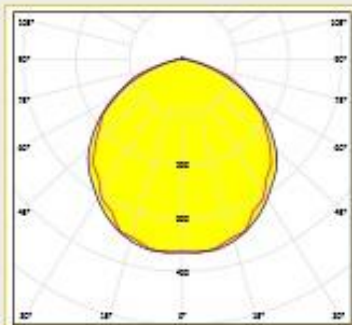
Light source	Linear LP LED module
Wattage	1x 10 W
Equivalent	1x 14 W FL T5 1x 18 W FL T8
CCT (color)	4,000 K
CRI	≥ 80
Voltage	220-240 V AC
Frequency	50-60 Hz



Pressure watertight luminaire for open decks and deck rails, able to resist heavy seas, IP68

Design
Housing/Cover
Mounting
Cable entry
Wiring
Protection class
Weight

According to rules of maritime classification societies and relevant standards
Clear polycarbonate, impact-proof, UV resistant
2 stainless steel fixing clamps (not included)
2 cable glands M20 PA6
Flexible wiring, heat resistant up to 105°C
IP68
2.2 kg



Spare parts

LED module kit	7409001000
LED driver	7103012100
Clear tube	7112008200
Fixing clamp	7501000401

Extras

24 V DC
110-120 V AC
Different lengths on request



LightPartner Lichtsysteme GmbH & Co. KG

Technical modification reserved without prior notice

Berth Light, surface

KJ 56

4

45

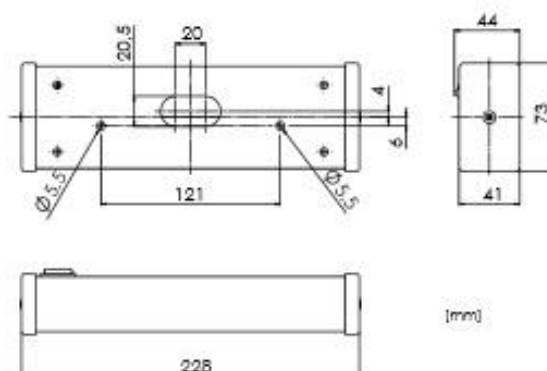


Part no. 5117008200-xxx

Light source	Linear LED module
Wattage	3 W
CCT (color)	2,700 K or 6,000 K
CRI	≥ 80
Voltage	110-240 V AC
Frequency	50-60 Hz

**Berth light with switch,
slim design, ideal for pullman berths**

Design	According to rules of maritime classification societies and relevant standards
Housing	Galvanized steel, powder coated white (RAL9016)
End caps	White polycarbonate
Diffuser	Opal polycarbonate
Switch	On / off switch, 2-pole
Mounting	2 mounting holes, Ø 5.5 mm
Cable entry	Ø 20 mm
Protection class	IP30
Weight	0.35 kg



[mm]

Spare parts

LED module	7409001700
LED driver	7103009800
Lamp cover	7112001300
End caps (2pcs)	7504000100

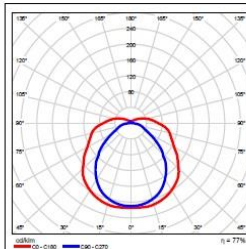
Technical modification reserved without prior notice

LightPartner Lichtsysteme GmbH & Co. KG



3.) 1 x ARLIGHT LTD.STI. 87122011 S 236 TKL

Löydät valaisimen kuvan
valaisinluettelosta.

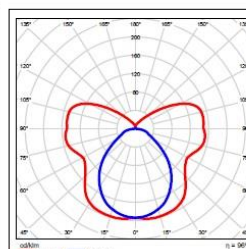


Valaistu alue 1

Varustus: 1xMASTER TL-D
Super 80 36W/840 1SL,
1xMASTER TL-D Super 80
36W/840 1SL
Käyttötehoaste: 76.84%
Valovirta: 5149 lm
Teho: 72.0 W

9.) 1 x ARLIGHT LTD.STI. 88122011 S 118 TKL

Löydät valaisimen kuvan
valaisinluettelosta.

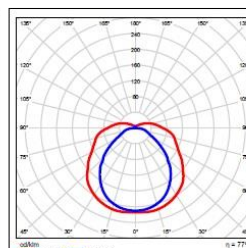


Valaistu alue 1

Varustus: 1xMASTER TL-D
Super 80 18W/840 1SL
Käyttötehoaste: 96.06%
Valovirta: 1297 lm
Teho: 18.0 W

10.) 1 x ARLIGHT LTD.STI. 88122011 S 218 TKL

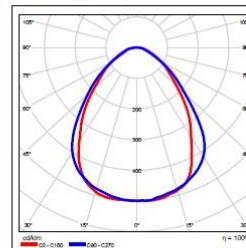
Löydät valaisimen kuvan
valaisinluettelosta.



Valaistu alue 1

Varustus: 1xMASTER TL-D
Super 80 18W/840 1SL,
1xMASTER TL-D Super 80
18W/840 1SL
Käyttötehoaste: 76.84%
Valovirta: 2075 lm
Teho: 36.0 W

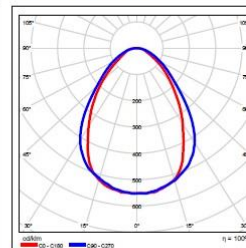
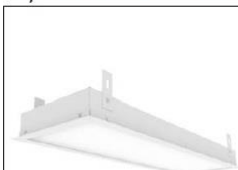
9.) 1 x VARTON V-01-231-036-4100K + V-09-01-500 LED commercial Luminaire



Valaistu alue 1

Varustus: 1xV-01-271-036-
4100K + V-05-012
Käyttötehoaste: 99.99%
Valovirta: 3025 lm
Teho: 36.8 W

10.) 1 x VARTON V-01-233-018-4100K + V-09-01-510 LED commercial Luminaire



Valaistu alue 1

Varustus: 1xV-01-171-018-
4100K + V-05-022
Käyttötehoaste: 99.99%
Valovirta: 1403 lm
Teho: 19.1 W

PHILIPS MASTER TL-D Super 80 36W/840 1SL
Valovirta: 3350 lm
Teho: 36.0 W
Värilämpötila: 4033 K
Värintoistoindeksi: 79



PHILIPS MASTER TL-D Super 80 18W/840 1SL
Valovirta: 1350 lm
Teho: 18.0 W
Värilämpötila: 4033 K
Värintoistoindeksi: 79



PHILIPS MASTER LEDtube GA 1200mm 22W 840
G13
Valovirta: 1500 lm
Teho: 22.0 W
Värilämpötila: 3991 K
Värintoistoindeksi: 84



PHILIPS MASTER LEDtube GA 600mm 11W 840
G13
Valovirta: 750 lm
Teho: 11.0 W
Värilämpötila: 3991 K
Värintoistoindeksi: 84

